

大柴旦低品位硼矿的富集研究

李武, 梁建, 杨波, 彭姣玉, 孟庆芬, 黄培锦, 孔凡志, 董亚萍
(中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008)

摘要:在对大柴旦盐湖湖底低品位硼矿的组成、伴生矿物种类、含量等因素进行分析的基础上,依据各矿物物理性质的差异,通过正交试验法,确定采用旋流方法分离低品位硼矿中的石膏和碳酸盐,分别得到以碳酸盐为主要杂质的低品位硼矿和以硫酸盐为主要杂质的低品位硼矿,然后进行分别加工,有效降低大柴旦盐湖低品位硼矿加工过程分解剂的消耗,为大柴旦盐湖低品位硼矿的加工利用提供了一条新的途径。

关键词:大柴旦;低品位固体硼矿;旋流分离;碳酸盐;硫酸盐

中图分类号:TD97

文献标识码:A

文章编号:1008-858X(2015)03-0042-10

1 引言

青海大柴旦盐湖湖底硼矿属国内大型硼矿资源,自20世纪50年代开始就已进行大规模开采,硼矿种类、品位随大柴旦湖底区域不同而变化,有硼砂矿、水方硼矿、钠硼解石矿、柱硼镁石矿等,矿种繁多,共伴生的杂质种类随硼矿矿种的变化也发生改变。目前大柴旦湖底硼矿基本上以黑柱硼镁石矿为主, B_2O_3 平均品位在10%左右,共生伴生的主要杂质为石膏和碳酸盐,湖底硼矿中有三分之一是 $B_2O_3 \geq 15\%$ 的大块矿,另外小部分是 B_2O_3 在11%~13%的颗粒矿,余下的约50%的是 B_2O_3 在6%~8%的低品位面状矿。

已有技术在处理这类低品位硼矿,加工制取硼砂、硼酸时,存在杂质大幅度增加酸碱消耗的问题,即制取硼酸,硼矿中的碳酸盐额外消耗硫酸/盐酸;制取硼砂,硼矿中的硫酸盐(石膏)额外消耗碱。因此,将硼矿中不同杂质预分离,可大量减少酸碱的额外消耗。

本文采用水力旋流分离原理将低品位硼矿中大量的伴生杂质石膏和碳酸盐分开,使硼矿中的石膏和碳酸盐分离,分别得到的以石膏为

主要杂质和以碳酸盐为主要杂质的柱硼镁矿,可以分别去加工硼酸和硼砂,从而有效降低分解剂的消耗,降低生产成本,同时得到的硼泥组成较为单一,有利于硼泥的综合利用。

2 试验原料及设备

2.1 试验原料—低品位硼矿

试验用低品位原料硼矿取自大柴旦湖底硼矿床,是将采挖的原矿经过3台规格不同的筛床筛选完大颗粒矿后的余矿,硼矿外观呈铁灰色,为颗粒状和面状混合物,含水量较高,粘性较大,在放置过程中随水分的蒸发,矿物间的粘结度增加,容易结成较大的块状,粉碎难度较大。原矿样主要组成含量见表1。

表1 原矿主要组成分析结果

Table 1 Compositions of Da Qaidam borate ores %

序号	B_2O_3	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}
1	6.97	7.06	4.86	5.18	6.95
2	7.06	6.96	5.24	3.49	8.07
3	7.82	6.90	4.15	3.69	7.60
4	7.36	6.00	4.95	4.78	8.79
5	7.63	5.95	4.05	4.90	7.05

收稿日期:2014-10-14;修回日期:2015-03-12

基金项目:中国科学院“科技支青”项目“大柴旦湖底低品位硼矿制取硼产品工艺扩大试验”资助

作者简介:李武(1966-),男,研究员,主要从事盐湖矿产资源开发研究。

2.2 低品位硼矿的粒度分布及物相分析

低品位硼矿经标准筛筛分得到不同粒度的硼矿样品共计12个,所有样品的X衍射分析

结果见表2。低品位硼矿中除柱硼镁石外,还有石膏、水碳镁石、方解石,石英、石盐和粘土等。分级得到的5个低品位硼矿样品的X衍射分析和化学分析见表3、表4。

表2 不同粒度范围硼矿组成

Table 2 Size analysis data of borate ores

粒度/ μm	柱硼镁石/%	石膏/%	方解石/%	水碳镁石/%	石盐/%	二氧化硅/%	粘土/%
混合	27	44	1	12	8	3	6
>830	34	38	1	7	4	5	10
>380	32	31	2	14	6	6	9
>250	25	43	1	14	5	5	7
>180	23	49	1	6	9	6	6
>150	16	58	1	9	11	2	4
>120	24	48	1	8	4	4	11
>109	17	61	1	7	7	3	4
>96	22	55	1	10	2	4	5
>80	26	42	1	12	6	13	
>75	23	40	1	12	7	6	11
<75	33	24	2	11	5	15	10

注:表中数据为X衍射半定量结果,以下类同

表3 各粒度分布范围硼矿品位分析结果比较

Table 3 Analysis of borate ores in the range of different granularity

粒 度 / μm	占总量的 百分比	化学分析结果/%				X衍射结果/%		
		B_2O_3	Mg^{2+}	Ca^{2+}	柱硼镁石	柱硼镁石	石 膏	总碳酸盐
混合	100	7.36	6.00	4.95	17.33	27	44	13
>830	52.42	10.58	7.02	4.82	24.92	34	38	8
>380	15.22	8.49	5.52	4.29	20.00	32	31	16
>250	10.04	6.67	5.12	4.42	15.71	25	43	15
>180	5.36	5.6	4.66	4.43	13.19	23	49	7
>150	7.19	5.21	3.97	3.76	12.27	16	58	10

表4 低品位硼矿衍射与化学分析结果比较

Table 4 Comparison between X-ray and chemical analysis of low-grade borate ores

序 号	X衍射结果/%			化学分析结果/%	
	柱硼镁石	石 膏	总碳酸盐	柱硼镁石	酸不溶物
1	31	50	13	22.35	55.35
2	37	25	18	20.49	57.10
3	30	33	12	22.79	52.57
4	25	43	16	24.28	43.19

续表 4:

序 号	X 衍射结果/%			化学分析结果/%	
	柱硼镁石	石 膏	总碳酸盐	柱硼镁石	酸不溶物
5	28	55	13	18.55	55.28
6	18	52	24	22.38	48.40
7	35	46	11	23.29	50.48
8	33	45	9	21.17	58.07
9	12	41	26	22.48	51.58
10	22	17	34	31.69	24.75
11	38	12	20	30.88	30.30
12	22	17	34	31.69	24.75
13	57	10	24	31.53	26.18

表 5 低品位硼矿主要矿物物理参数

Table 5 Physical parameters of low-grade borates

	柱硼镁石	石 膏	硬石膏	方解石	水碳镁石	粘土矿物
硬 度	3.5~4	1.5~2.0	3~3.5	3	3.5	1.0~2.0
密 度	2.27~2.3	2.2~2.4	2.93~3	2.715	2.16~2.24	2.6~2.9

大柴旦湖底低品位硼矿中主要矿物的硬度和密度见表 5。

2.3 试验设备

水力旋流器 FXJ-50-12, FXJ-75-13, 威海青松旋流器有限公司;

X'Pert Pro 型 X 射线衍射仪, 荷兰帕纳科公司;

分析天平 Sartorius Computer CP224S 型, 北京赛多利斯仪器系统有限公司。

3 低品位硼矿中石膏与碳酸盐分离试验

3.1 正交试验方案

依据硼矿组成和矿种性质, 设计以料浆浓度、旋流器沉沙嘴直径、进料口压力、硼矿浸泡时间 4 个因素为考察指标, 按 $L_{16}(4^5)$ 设计正交试验, 考察低品位硼矿中石膏和碳酸盐的分离效果, 正交试验选择因素水平及试验方案分别见表 6、表 7, 正交试验结果见表 8、表 9。为降低操作过程引入的偶然误差, 按表 7 的正交试

验设计, 每个试验做两组, 表 8 的结果为两次试验的平均值。表中数据全部为 X 衍射测试半定量结果。

表 6 正交试验因素水平表

Table 6 Orthogonal perpendicular design

因 素	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4
进料压力 A /MPa	0.2	0.1	0.15	0.05
料浆浓度 B / %	25	15	30	20
沉砂嘴 C/mm	6	8	9	10
浸泡时间 D/h	6	12	18	24

3.2 小试试验结果及讨论

从试验结果看, 影响溢流样品石膏含量的主次顺序是 $C > B > D > A$, 因素 C 沉砂嘴直径的影响最为明显, 进口压力的影响最小; 对于溢流样品中的石膏组分来讲, 最优化条件是: A_2, B_2, C_4, D_4 , 即分离设备进料口压力 0.1 MPa, 料浆浓度为 15%, 沉砂嘴直径 10 mm, 物料浸泡时间 24 h。

表 9 正交试验底流极差分析结果

Table 9 Range analysis of the underflow

	石膏					总碳酸盐				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
I	40.62	39.62	40.50	33.62	48.75	10.00	10.00	13.25	12.25	8.50
II	36.75	38.25	32.12	34.38	26.75	10.38	11.50	12.62	14.88	13.50
III	37.38	35.50	40.50	41.25	42.25	14.50	13.12	9.38	9.25	8.88
IV	35.62	35.75	36.00	39.88	31.38	10.12	10.38	9.75	8.62	14.25
R	5.00	4.12	8.38	7.63	22.00	4.50	3.12	3.87	6.26	5.75
	C>D>A>B					D>A>C>B				
	$A_1B_1C_1(C_3)D_3$					$A_1B_1C_3D_4$				

设备进料口压力 0.15 MPa,料浆浓度 30%,沉砂嘴直径 6 mm,物料浸泡时间 12 h。

变进料口压力,考察物料浸泡时间、料浆浓度对分离效果的影响,试验条件及结果分别见表 10 和表 11。

3.3 验证试验

根据小试结果,固定沉砂嘴直径 9 mm,改

表 10 0.1MPa 进料口压力下低品位硼矿分离验证试验结果

Table 10 Results of the optimum processing conditions test under 0.1 MPa pressure-inlet

序 号	进口 压力/MPa	沉砂嘴 直径/mm	浸泡 时间/h	料浆 浓度/%	溢流/%		底流/%	
					石 膏	总碳酸盐	石 膏	总碳酸盐
1	0.1	9	24	15	6.0	24.0	22.0	12.0
2	0.1	9	24	15	5.0	35.0	22.0	9.0
3	0.1	9	24	15	6.0	36.0	36.0	12.0
4	0.1	9	18	15	4.0	32.0	37.0	8.0
5	0.1	9	18	15	5.0	36.0	35.0	9.0
6	0.1	9	18	15	6.0	26.0	26.0	11.0

表 11 0.2MPa 进料口压力下低品位硼矿分离验证试验结果

Table 11 Results of the optimum processing conditions test under 0.2 MPa pressure-inlet

序 号	进口 压力/MPa	沉砂嘴 直径/mm	浸泡 时间/h	料浆 浓度/%	溢 流/%		底 流/%	
					石 膏	总碳酸盐	石 膏	总碳酸盐
1	0.2	9	18	15	6.0	39.0	39.0	10.0
2	0.2	9	18	15	3.0	32.0	35.0	8.0
3	0.2	9	6	15		28.0	39.0	9.0
4	0.2	9	6	15		35.0	40.0	5.0
5	0.2	9	12	15		30.0	43.0	13.0
6	0.2	9	12	15		31.0	40.0	14.0
7	0.2	9	6	20		28.0	46.0	7.0
8	0.2	9	6	20		31.0	50.0	12.0
9	0.2	9	12	20		30.0	41.0	18.0
10	0.2	9	12	20		54.0	45.0	15.0

试验结果表明,在固定沉砂嘴直径、进料口压力、料浆浓度等条件,单独改变物料浸泡时间,溢流样品中石膏随浸泡时间的减少而减少,

减少物料浸泡时间有利于溢流样品中石膏含量的降低;减少物料浸泡时间,底流样品中总碳酸盐含量上升。

表12 验证试验工艺数据

Table 12 Results of the test of the validation test

序号	总物料 /kg	溢流 /kg	底流 /kg	溢流/总量 /%	底流/总量 /%	溢流浓度/%	底流浓度/%	溢流硼收率/%	底流硼收率/%
1	46.0	34.6	10.1	75.22	21.96	8.4	61.9	12.43	82.07
2	46.0	34.8	10.1	75.65	21.96	8.2	68.5	13.09	87.84
3	46.0	35.0	10.2	76.06	22.07	8.3	63.0	20.79	84.39
4	46.0	34.9	10.2	75.86	22.28	6.6	58.6	17.20	77.92
5	46.0	35.2	10.0	76.52	21.64	6.5	56.3	18.97	85.01
6	46.0	34.7	10.4	75.53	22.61	5.8	58.0	15.20	72.15
7	48.0	36.3	10.8	75.73	22.57	6.8	61.0	15.33	77.41
8	48.0	35.7	11.5	74.38	23.89	8.1	78.8	15.93	73.31
9	48.0	36.6	10.6	76.24	22.03	8.7	70.0	19.19	85.32
10	48.0	35.2	12.0	73.25	25.06	7.6	77.2	15.23	84.39

表13 验证试验样品化学分析结果

Table 13 The chemical analysis results of the validation test

序号	溢流样品主要组分/%				底流样品主要组分/%			
	B ₂ O ₃	Mg ²⁺	Ca ²⁺	酸不溶物	B ₂ O ₃	Mg ²⁺	Ca ²⁺	酸不溶物
1	5.77	10.77	4.56	24.88	7.44	6.46	2.83	57.81
2	5.49	11.1	4.52	28.11	6.92	5.25	3.16	59.36
3	6.14	12.29	4.18	20.99	7.31	5.79	4.14	53.06
4	5.55	10.23	5.18	24.88	6.64	4.95	3.94	56.20
5	6.16	12.08	4.65	22.33	6.98	6.31	3.65	53.10
6	5.78	10.14	4.58	26.91	6.37	5.43	3.42	57.91
7	5.69	11.31	5.20	21.53	6.94	5.85	3.73	54.59
8	5.92	10.78	4.57	23.65	7.11	6.00	3.54	54.34
9	5.59	9.78	4.83	25.69	6.26	5.13	2.90	61.04
10	5.86	11.48	4.62	24.20	6.90	6.56	3.51	53.32

表11 试验的工艺数据见表12,所有试验结果均是XRD的半定量结果。为了验证试验结果的准确性,对表11中样品进行化学分析。硼矿中的石膏在水里和酸中的溶解度较小,样品中含量较大的石膏绝大部分在酸不溶物中,酸不溶物量的多少在一定程度上可以代表样品中石膏的含量,分析数据见表13。

由表12数据得知,一定浓度的低品位硼矿料浆,经过旋流分离器,其中75%左右的进入溢流口,余下的近24%从底流口出来;溢流料

浆中固形物含量小于10%,底流料浆中固形物含量在60%以上;底流柱硼镁矿的收率在80%,溢流柱硼镁矿收率在16%,总收率达到96%。

表13的化学分析结果显示,低品位硼矿经过旋流分离,溢流样品中Mg²⁺含量接近于底流样品的2倍,Ca²⁺含量高于底流样品;由于石膏在酸性环境溶解度增加,底流样品中石膏含量很高,难以判断分析结果得到的Ca²⁺是来源于其中的碳酸钙还是石膏,但总体结果底流样品

中 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 含量均低于溢流样品。低品位硼矿经过旋流分离后,底流样品中硼含量略高于溢流样品,说明在分离过程中柱硼镁石有富集趋势,这实际上是柱硼镁石在粗颗粒中含量较高的结果。从溢流和底流样品酸不溶物含量的差异,同样证明了旋流分离方法能有效分开低品位硼矿中的石膏和碳酸盐。

3.4 放大试验

为了将上述结果应用到实际生产中,开展了放大试验研究,确定的旋流分离工艺条件是,物料料浆浓度 20%,进料口压力 0.2 MPa,沉砂嘴直径 9 mm,物料浸泡时间控制在 15h 左右,旋流分离器的处理能力为 $3m^3/h$ 。在旋流分离试验过程的不同时间段,同时在溢流口和底流口取样,样品经过滤分离混匀后取样作化学分析,所有样品全部用 1:1 HCl 溶解,分析溶液中 B_2O_3 、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 的含量,将分析结果配成相

应的矿物,其中 Mg^{2+} 扣除柱硼镁石后余下全部配成碳酸镁,溶液中的钙来自两部分,大部分为碳酸盐矿物,少量为石膏溶解,在这里忽略石膏的含量,将钙全部按照碳酸钙计,试验结果见表 14。

表中数据直观反映出碳酸盐主要集中在溢流样品中;溢流和底流样品中 3 种主要矿物总量之间的差异,进一步说明低品位硼矿中杂质矿物石膏主要集中在底流样品中,在样品分析处理过程中,底流中的石膏绝大部分残留在酸不溶物中。表中数据显示不同批次的溢流、底流样品中主要矿物的含量有一定的波动,这是由于不同批次试验中低品位硼矿组成在一定范围波动造成的,这种波动对分离效果没有影响,是试验过程中的正常现象。

表 15 是低品位硼矿样品、溢流样品和底流样品和对应样品的酸不溶物的 X 衍射结果,图 1 ~ 图 6 是对应的 X 衍射图谱。

表 14 放大试验样品中主要矿物组成

Table 14 Analysis results of scale-up test

序 号	溢流样品主要矿物/%				底流样品主要矿物/%			
	柱硼镁矿	MgCO ₃	CaCO ₃	总 和	柱硼镁矿	MgCO ₃	CaCO ₃	总 和
1	14.46	28.83	11.97	55.96	17.52	9.93	7.06	34.51
2	13.96	29.8	11.94	56.36	16.30	9.84	7.90	34.03
3	13.61	31.64	11.12	57.07	19.55	8.11	7.86	35.63
4	14.00	28.84	10.99	54.53	19.44	9.34	9.93	38.81
5	13.16	27.55	11.71	53.12	18.61	7.91	10.36	36.98
6	12.94	29.98	11.13	54.74	18.43	8.07	7.70	34.29
7	12.24	35.20	10.45	54.69	19.89	11.25	4.53	39.13
8	11.58	28.76	9.58	60.11	18.76	9.13	3.53	32.99
9	14.46	34.44	11.60	51.57	17.21	13.45	4.53	28.64
10	13.39	28.17	9.42	60.56	16.34	11.13	3.54	34.41
11	14.51	32.36	12.98	51.29	16.43	11.90	4.88	30.27
12	13.80	30.21	8.69	59.01	16.25	12.21	4.81	33.32
13	13.95	27.15	9.27	52.42	16.75	10.21	3.36	33.23
14	13.06	32.72	11.53	49.80	15.64	14.38	4.45	28.44
15	13.61	35.20	10.45	57.74	15.00	11.25	4.53	34.35
16	13.16	28.76	9.58	60.11	14.74	9.13	3.53	32.99

表 15 放大试验 3 种含硼矿物及酸不溶物衍射结果

Table 15 X-ray diffraction analysis of scale-up test

序 号	样品名称	矿物组成/%						
		原 样	柱硼镁矿	石 膏	总碳酸盐	粘 土	石 英	其 它
1	原 矿	100	35	26	10	12	7	6
	酸不溶物	51.46		63		14	14	8
2	底 流	100	28	36	12	18	6	
	酸不溶物	58.86		73		12	12	3
3	溢 流	100	15	6	36	38	5	
	酸不溶物	27.36				47	28	24

注:其它矿物原矿检测为石盐,酸不溶物中检测为钠长石

从表 15 数据可知,原矿、旋流分离得到的底流中石膏含量有差异,总碳酸盐含量基本没有区别;底流样品和溢流样品相比,溢流中石膏含量明显降低,总碳酸盐含量较高,分离效果明显。从 3 种样品对应的酸不溶物分析数据看,溢流样品不溶物中未检出石膏,而原矿和底流样品的酸不溶物以石膏为主要成分。相应的衍射图谱显示,酸不溶物的衍射图谱较对应样品的简单,溢流样品的结晶形态不如原矿和底流样品。据此可以确定,低品位硼矿经过旋流分离,原矿中的石膏和碳酸盐能有效分开,分离效果明显。测试结果进一步验证了低品位硼矿经过旋流分离器的处理,碳酸盐类主要集中在溢流样品中,石膏主要集中在底流样品中,旋流分离过程中柱硼镁矿的总收率在 94% ~ 96% 之间。

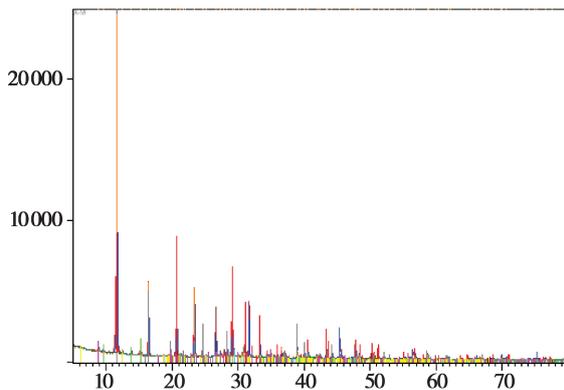


图 1 低品位硼矿原矿衍射图谱图

Fig. 1 XRD pattern of the low-grade borate ores

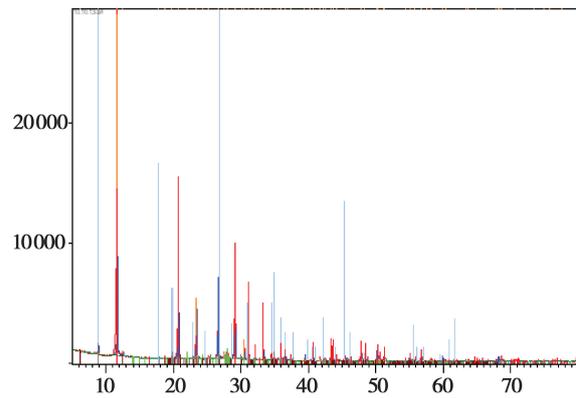


图 2 原矿酸不溶物衍射图谱

Fig. 2 XRD pattern of acid insoluble from raw ore

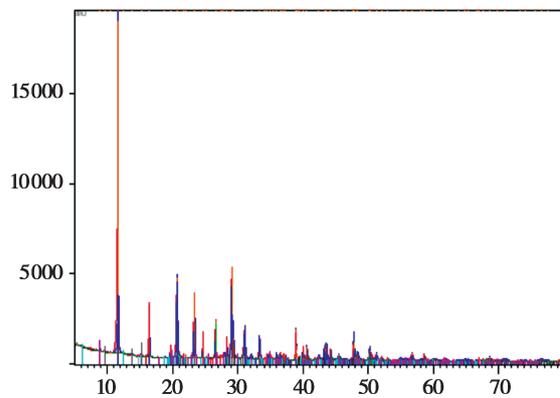


图 3 底流样品衍射图谱图

Fig. 3 XRD pattern of the sample from underflow

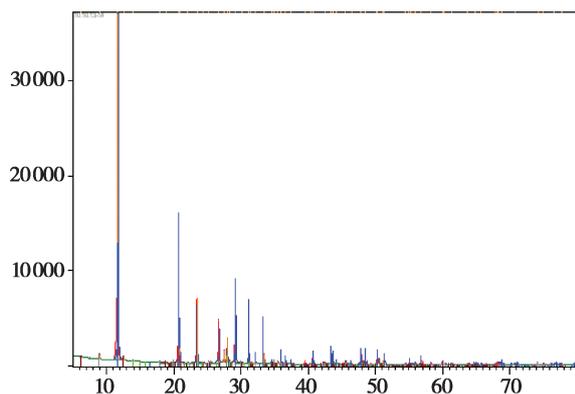


图 4 底流样品酸不溶物衍射图谱

Fig. 4 XRD pattern of acid insoluble from underflow

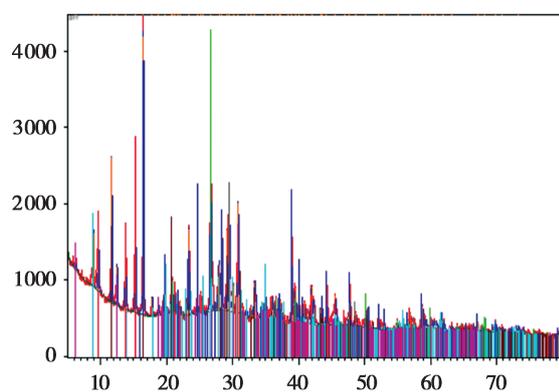


图 5 溢流样品衍射图谱

Fig. 5 XRD pattern of the sample from overflow

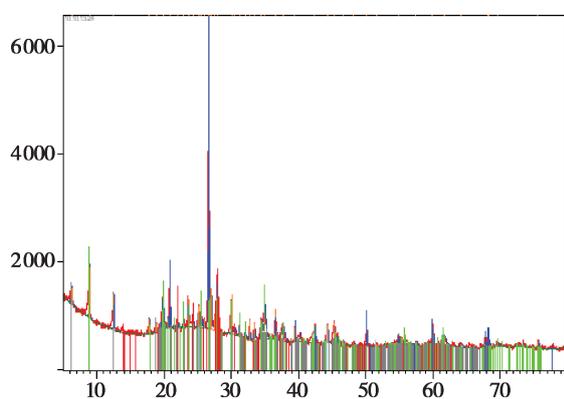


图 6 溢流样品酸不溶物衍射图谱

Fig. 6 XRD pattern of acid insoluble from overflow

4 结 论

1) 大柴旦湖底低品位硼矿共伴生矿物碳酸盐、石膏, 采用旋流分离法可以实现有效分离。

2) 旋流分离对大柴旦湖底低品位硼矿的富集作用不明显。

3) 经旋流分离处理后的低品位硼矿被分成了两部分, 一部分以石膏为主的低品位硼矿, 另一部分以碳酸盐为主要杂质的低品位硼矿。

4) 大柴旦湖底低品位硼矿通过旋流分离器处理, 得到的低碳酸盐高石膏硼矿适合于制取硼酸, 高碳酸盐低石膏硼矿适合于制取硼砂; 经过分离后的低品位硼矿有效解决了大柴旦低品位硼矿高值化过程存在的工艺问题, 明显降低了低品位硼矿制取硼产品的生产成本。

5) 经过旋流分离的大柴旦低品位硼矿作为原料, 不论酸法生产硼酸还是碱法生产硼砂, 均能有效降低分解剂的消耗, 易于控制产品质量, 也提高了副产品质量, 并可解决硼产品生产过程中含硼母液的外排问题。

参考文献:

- [1] 高世扬. 盐湖化学论文集, 第 2 集·碳酸盐盐湖化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1994: 10-13.
- [2] 青海省矿业协会. 青海省矿业概况 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1998.
- [3] 于小伟. 柴达木硼资源的开发现状及前景 [J]. 柴达木开发研究, 2001(1): 27-29.
- [4] 陶印连, 郑学家. 硼化合物的生产与应用 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1992.
- [5] 中国科学院青海盐湖研究所. 卤水与盐的分析方法 [M]. 第 2 版. 北京: 科学出版社, 1988.
- [6] 中国科学院青海盐湖研究所. 大柴旦湖底低品位硼矿制取硼砂实用工艺 [R]. 西宁: 中国科学院青海盐湖研究所, 1994.
- [7] 梁建, 董亚萍, 孔凡志, 等. 利用旋流分离器分离低品位硼砂矿主要杂质矿物的方法 [P]. CN102284345A.

Study on Enrichment of Low Grade Boron Ore in Da Qaidam

LI Wu, LIANG Jian, YANG Bo, PENG Jiao-yu, MENG Qing-fen, HUANG Pei-jing,

KONG Fan-zhi, DONG Ya-ping

(*Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China*)

Abstract: Da Qaidam Salt Lake is a typical sulfate salt subtype salt lakes with abundant Boron and Lithium in Qinghai-Tibet Plateau. Nine kinds of borate minerals have been discovered in Da Qaidam Salt Lakes, coexisted with several carbonates, sulfate salts, halite and ooze. The feature of the boron deposit makes the grade of this kind of borate minerals low and difficult to utilize. Based on the analysis to the component of boron ore and associated ores in this area, Hydraulic Vortex Flow Method was used to separate the gypsum and carbonate according to the difference of physical properties, and the boron ore of higher grade with impurities of carbonate or sulfate salts were obtained respectively for further processing. This method can reduce the consumption of decomposition agent during the further processing, and provides a new utilization route for this kind of boron resource with low grade.

Key words: Da Qaidam; Low-grade borates; Hydrocyclone separation; Carbortes; Sulfate salts

(上接第36页)

The Effect of Sodium Chloride on the Solubility, Metastable Zone Width and Nucleation Kinetics of Boric Acid

DONG Nai-jin^{1,2}, DONG Ya-ping¹, PENG Jiao-yu^{1,2}, WANG Li-ping^{1,2}

(1. *Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China*;

2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China*)

Abstract: The solubility and metastable zone width of boric acid in solutions containing sodium chloride were determined in the temperature ranging from 261.15 K to 295.15 K by turbidity method. At the same time the dissolution enthalpy and entropy of boric acid in aqueous solution were calculated by van't Hoff equation. The self-consistent Nývlt-like equation and the novel equation based on classical three-dimensional nucleation theory were used to explain the nucleation kinetics of boric acid and the relevant parameters were obtained. The experimental results showed that sodium chloride has little influence on the solubility of boric acid. The metastable zone width of boric acid becomes wider with increasing the concentration of sodium chloride whereas decreases with improvement of the saturation temperature.

Key words: Boric acid; Sodium chloride; Solubility; Metastable zone; Nucleation kinetics