

浮选法从黄黑卤砂晶盐中分选粗硼酸 工业氯化钾的试验报告

四川自贡市张家坝盐化厂

我厂是自贡井卤制盐母液提制化工产品的综合利用化工厂。生产的总流程是先提制硼酸、硼砂和氯化钾。生产方法是以物化分析为基础的“冷冻分级结晶法”分离硼、钾、钠。这种生产方法是在毛主席“独立自主、自力更生”方针指引下，于一九五三年前后研究建立的，较之解放前的土法生产大大向前发展，实现了机械化。投产多年来，生产了大量产品，为我国经济建设作出了一定的贡献。但是它也存在一定的缺点，如流程较长，消耗热能大，回收率较低，成本较高，还需用庞大的化工机械设备。在当前大好形势下，本着毛主席“有所发现，有所发明，有所创造，有所前进”的教导，为了更合理地利用资源，生产更多更好的硼钾，对现生产工艺提出了有待革新的课题。

在毛主席革命路线的指引下，在批林批孔运动的推动下，在狠批林彪、孔老二“克己复礼”反动纲领和“上智下愚”反动谬论后，有力地促进了广大革命职工大搞群众性

科学试验的积极性。提出采用浮选法代替冷冻分级结晶法，从岩卤旦巴、黄黑卤砂晶盐中直接分选硼酸、氯化钾的工艺革新建议。在厂党委的重视和统一领导下，组成三结合的试验小组，按照试验建议方案，于一九七二、七三年分别进行了岩卤旦巴浮选氯化钾、黄黑卤砂晶盐浮选粗硼酸、工业氯化钾的分选试验。前者于一九七三年安装、试车正式投产，在取代原洗涤法旧工艺后，已初步显示出浮选法提取钾盐的优越性。后者于一九七四年又进行了补充和复核试验，从前后两次试验证明，采用泡沫优先浮选法从自贡黄黑卤砂晶盐中分选硼酸、氯化钾试验基本成功。现将砂晶盐采用优先浮选法制取硼钾试验小结如下。

由于我们初次进行浮选法分选硼酸、氯化钾和氯化钠的实验工作，缺乏实践经验，可供参考的资料又少，加之参加试验工作的人员少，时间短，水平低，工作不细，还存在着一些缺点，故请批评指正。

的应用试验小结。上海燎原化工厂
1967.6

[18] 铵光卤石脱水料熔融制取无水氯化镁试验总结。轻金属研究所
1975.2

[19] 利用氨气体氯化镁脱水 美国专刊
3347.626 1967.10.17

[20] 铝镁试验研究报导 第一期卤块脱

水及镁电极电解 轻金属研究所

[21] 镁双极槽小型及扩大试验小结
轻金属研究所 1969

[22] “国内卤块炼镁概况分析”专集
贵阳院技术情报室

[23] 白云石卤水制取氧化镁氯化制
取氯化镁试验小结轻金属研究所
1974

(一) 试验目的和要求:

试验目的为改革用黄黑卤砂晶盐采用人造光卤石不完全溶解法和硼钾联产法制硼钾的旧工艺,探索自贡黄黑卤砂晶盐中硼酸、硼酸盐和氯化钾的可浮性,找出较合理的工艺流程和操作条件,为提供井卤综合利用中浮选法制取硼钾新工艺应用于生产开辟途径。

试验的主要内容是:对含有硼、氯、溴、碘的钾、钠、钙、镁化合物混合盐类,在冷的硼、钾、钠的饱和洗水中进行分解和分选,要求浮出泡沫产品:粗硼酸质量(折干基)84%,总收率94%,产品氯化钾质量90%,达到部颁工业钾盐标准,总收率85%,随尾矿排出的是含85%的工业盐。

(二) 矿物特性及试验流程概述:

表1 砂晶盐化学成份分析结果

项目	总 H_3BO_3			KCl	NaCl	CaCl ₂	MgCl ₂	Br ⁻	I ⁻	H ₂ O
	H ₃ BO ₃	其它硼酸盐	总H ₃ BO ₃							
含量%	6.20	9.70	12.50	22.5	13.30	4.95	16.8	0.11	0.065	25.8

表2 砂晶盐粒度筛析结果

筛孔(≤毫米)	4毫米	3毫米	2毫米	1.5毫米	1.0毫米	0.5毫米	0.25毫米
占砂晶盐 %	3	7	15	25	39	15	5

砂晶盐料浆pH值为6,大颗粒在偏光显微镜下观察,很明显地看出有黄色或白色片状晶体与白色微粒晶体牢固地结合成很坚硬的混合晶体,即硼钾混合晶体。

由此看出,自贡黄黑卤砂晶盐是多组份的盐类混合物。它的组成,既含有硼酸和硼酸盐类,也含有光卤石、还含有钾、钠、钙、镁的氯化物和微量的碘、溴化合物以及不溶物等等。以总 H_3BO_3 和 KCl 含量计分别约占10%和20%左右,对大颗粒特别是共饱晶体,首先必须粉碎后才能进入浮选作业。

根据砂晶盐各组份溶解度关系和可浮性的差别,通过试验,已摸索出一种从砂晶盐中采用硼、钾、钠已饱和的洗水分解钙、镁、溴、碘化合物后,对固相中的硼、钾、钠进行分选的“优先浮选”流程,主要是将已分析称量的砂晶盐粉碎后,按一定的液固比在饱和洗水中混合搅拌,加盐酸进行pH值的调整,加入对硼酸和硼酸盐类具有良好捕收作用的浮硼混合捕收剂,进入FX-3型

机械搅拌浮选机内进行硼酸的泡沫浮出。可得含 H_3BO_3 60~70%的(湿基)粗硼酸(折干基80~85%),其一次收率为90.18%,总回收率为94.5%。对随着尾矿排出的盐、钾混合物,加入十八胺捕收剂,2号松油起泡剂后,进行盐钾分选,随泡沫浮出物是含90%以上的工业一级氯化钾。钾的一次收率为71.25%,总收率为85.6%。随尾矿排走的是含NaCl85%的工业盐,并残含少量硼钾。

优先浮选系先浮硼后浮钾,浮硼最终精矿含 H_3BO_3 (湿基) 60~70%的黄白色粉末的粗硼酸,经脱色重结晶干燥后为部颁标准一级工业硼酸;浮出氯化钾质量是含90%的部颁标准一级工业氯化钾,最终尾矿是85%的工业盐。

(三) 浮选条件试验:

1. 浮硼部分:

从表3看出,粉碎细度,在浮选过程是一个首要关键。粒度过大,泡沫无力举出

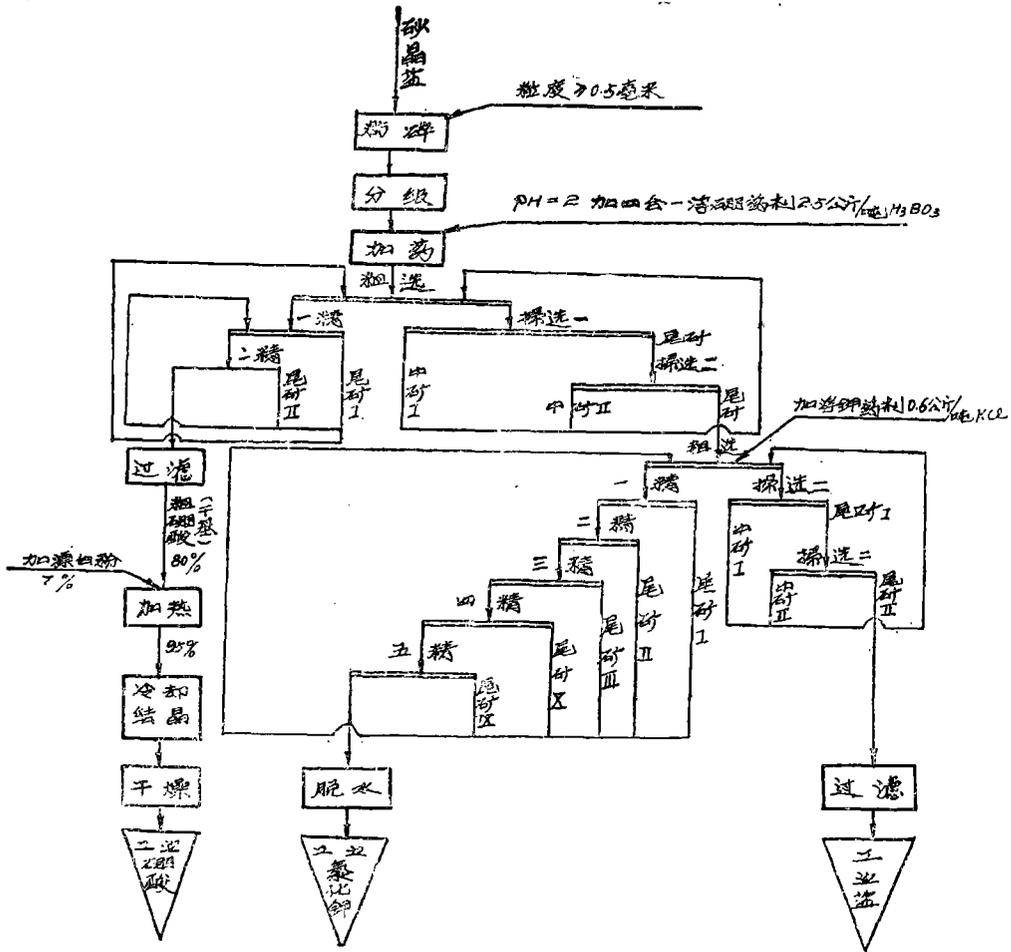


图1 “优先浮选”硼钾试验图

注：此系在 FX-3 型浮选机单机作业试验流程。

表3 砂晶盐粒度对浮选作业的影响

粉碎细度 (≥毫米)	粗硼酸质量 (%)	硼酸一次收率 (%)	尾矿残留H ₃ BO ₃ (%)	操作情况
4				堵管停车
3				堵管停车
2	63.05	55.30	4.43	
1.5	52.24	83.10	2.64	
1.0	54.90	90.50	2.01	
0.5	60.20	95.80	0.63	

液面，对硼钾共饱晶体在浮选时更无法分选，而随尾矿带走，致使尾矿残存高，收率降低，并将造成堵管现象。

原矿的化学成分已表明，砂晶盐的组成，既含有硼酸，也含有硼酸的盐类。硼酸盐的可浮性低于硼酸，加酸至pH 1~2时，

表 4

调整 pH 值的 试验

矿浆 pH 值	粗硼酸质量	粗硼酸一次收率	成 品 氯 化 钾	
	H ₃ BO ₃ (%)	(%)	KCl 含量 (%)	H ₃ BO ₃ 含量 (%)
4	50.03	75.20		3.31
3	67.60	77.70	87.06	1.76
2	65.57	95.10	91.54	0.23
1	53.90	92.10	93.91	0.28

将硼酸盐变为硼酸后, 不仅使硼的收率增高, 更主要是保证下一工序浮出产品氯化钾的质量。

大, 随着浮选液浓度增高, 对提高硼的收率, 降低尾矿的残硼率是有益的, 选用浮选液浓度为 32Be/室温为宜。

浮选液浓度对被浮物硼的质量影响不

表 5

浮选液的浓度选用

浮选液浓度 (Be/室温)	浮选温度 (%)	粗硼酸质量 H ₃ BO ₃ (%)	硼酸一次收率 (%)	尾矿残留H ₃ BO ₃ (%)
28.5	25	67.60	77.70	1.28
30	25	52.44	83.10	2.64
31	25	54.00	86.80	0.45
32	25	60.51	94.10	0.34

表 6

固液比对浮选的影响

固液比	浮选料浆中 固体含量 (%)	浮选介质 浓 度 (Be/室温)	粗 硼 酸		尾矿残存H ₃ BO ₃ (%)		操作情况
			湿基品位 H ₃ BO ₃ (%)	一次收率 (%)	氯化钾	盐 巴	
1:0.8	55	32Be	—	—	—	—	堵 管
1:1.0	50	32Be	48.0	88.30	0.83	0.69	
1:2.0	33	32Be	60.02	95.80	0.28	0.63	
1:3.0	25	32Be	60.51	94.10	0.56	0.34	

试验证明: 浮硼在浓稠浆中分选效果较好, 固液比在1:1~3均可进行。

表 7

浮硼药剂选择与耗量试验

药 剂 名 称	耗 量 (公斤/吨 H ₃ BO ₃)	粗 硼 酸		操 作 情 况
		含 量 H ₃ BO ₃ (%)	一次收率 (%)	
洗涤剂、松油	2.5	54.9	85.9	大泡多, 泡沫不稳
苯胺、油酸	2.5	65.0	88.5	泡沫紧密, 尾矿含硼高
洗涤剂、松油、苯胺、油酸	2.5	54.5	94.2	尾矿含硼少
洗涤剂、松油、苯胺、油酸	3.5	67.2	99.3	尾矿含硼少
洗涤剂、松油、苯胺、油酸	5.0	60.15	97.6	尾矿含硼少

试验证明：用油酸、苯胺药剂能使硼酸、硼酸盐类与钾、钠分离，再加上松油、洗涤剂的混合用药，更有利于浮硼。以每吨 H_3BO_3 耗药总量 2.5 公斤为宜。（其中油酸、苯胺、松油、洗涤剂各占 1/4）。

2. 浮钾部分：

在搅拌桶内，同时加入砂晶盐浮硼后的盐钾混合物（其中含 KCl 53.88%， $NaCl$

21.5%， H_3BO_3 1.72%， $MgCl_2$ 3.11%， $CaCl_2$ 1.85%）和硼、钾、钠饱和的浮选解质，以分解砂晶盐中的钙、镁、溴、碘化合物。随着固液比的增大，漂去盐钾混合物中的残余硼。加入浮钾药剂进入浮选机内进行钾钠分选。随泡沫刮出的是二级成品氯化钾，随尾矿排出的是 85% 的工业盐。

表 8 分解液的选用

分解液名称	分解液 (g/l)				固液比		成品氯化钾			一次收率 (%)
	分解前		分解后		固	液	KCl (%)	Ca ⁺ (%)	Mg ⁺ (%)	
	CaCl ₂	MgCl ₂	CaCl ₂	MgCl ₂						
白水			34	123	1	2	91.5	0.06	0.11	41.2
饱和和洗水	34	123	46	153	1	4	91.2	0.07	0.27	75.2

从上表看出，用白水作分解液，钾的一次收率低。用硼钾钠已饱和的洗水作分解

液，并未有因钙镁未分解完全而影响浮出物氯化钾质量，钾的一次收率较高。

表 9 洗水浓度试验

洗水浓度 (Bé/室温)	浮选温度 (°C)	成品氯化钾	
		KCl 含量 (%)	一次收率 (%)
27	25	94.08	46.2
29	25	92.50	70.1
30.7	25	91.40	74.2
31.4	25	87.14	79.5

试验证明：洗水浓度愈低，氯化钾质量愈高，但一次收率愈低，随着洗水浓度增高，钾

的一次收率逐渐上升，但氯化钾的质量有所下降。一般控制在 29~30.7° Bé/室温为宜。

表 10 固液比试验

固液比	浮选料浆中含固体量 (%)	洗水浓度 (°B/室温)	成品氯化钾		
			品位 KCl (%)	一次收率 (%)	NaCl 含量 (%)
1:1	50	29.3	83.27	88.40	10.6
1:1.5	40	29.3	85.60	80.50	7.3
1:2	33	29.3	87.20	78.10	5.2
1:3	25	29.3	93.26	70.40	0.2

随着固液比的减小，料浆含固体物逐渐减少，对分选效果在质量上有显著提高。

由上表看出，料浆浓度过大，由于 $NaCl$ 未分离好。这是使精钾品位不高的主

表11

药剂耗量试验

加药量 (公斤/吨 KCl)	砂晶盐			精钾			盐巴中残存 KCl(%)
	重量 (公斤)	含KCl (%)	总KCl (公斤)	品位 (%)	总KCl (公斤)	一次收率 (%)	
十八胺、松油0.3	20	19.26	3.85	89.90	2.033	52.8	1.80
0.5	20	20.10	4.02	91.24	2.922	72.7	0.72
0.6	20	22.50	4.50	91.24	3.480	77.3	1.91
0.7	20	23.00	4.60	86.96	3.810	82.83	7.80

要原因。在最终精选时加入适量的(约4%)白水,有利于精钾品位的提高,也有益于盐中残钾损失的减少。

操作条件:固液比1:3,扫选二次,精选五次。

试验证明:每产一吨氯化钾,加入十八

胺0.5公斤,松油0.1公斤为宜。

3.有关问题的处理试验

粉碎粒度对盐巴带走硼钾的影响:

砂晶盐粉碎粒度,对盐巴带走硼、钾影响的关系,通过试验,作出如下坐标图,要求粉碎粒度应小于40网目(即0.4毫米)。

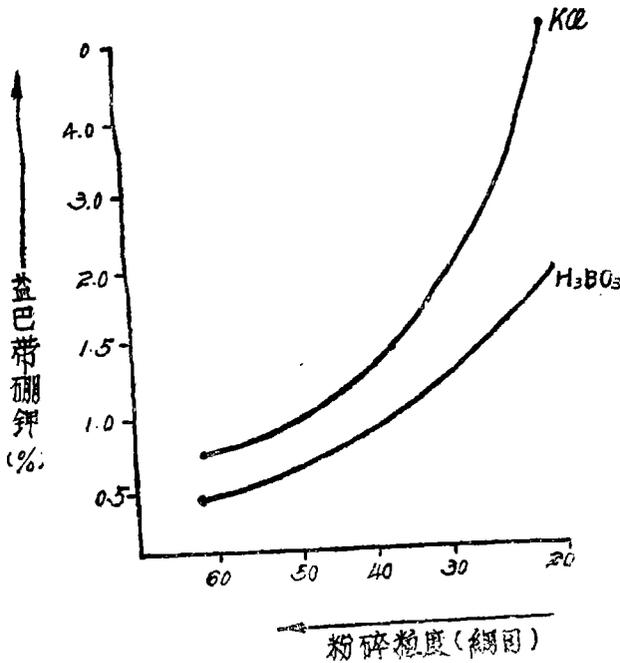


图2 粉碎粒度对盐巴带走硼钾的影响

从“工业盐成分”中看出,尾矿盐巴含KCl高达6%,主要原因是当时试验砂晶盐粉碎粒度是16网目(即1毫米)下进入浮选的结果。下面是砂晶盐粉细至40网目(即0.4毫米)粒度下进入浮选结果。

对含钾高的盐巴处理试验:是采用返回

再粉碎,再浮选一次,最终尾矿工业盐含钾可降到2%左右,但最后粉碎粒度必须≤40网目下进行,返回再选盐巴所得的泡沫产物,精矿可得精钾,粗选矿也可配合砂晶盐作混合原料使用。

表12

砂晶盐粒度对精矿品位的影响

砂晶盐粉碎 粒 度 (网目)	精 矿 品 位 (%)				工 业 盐 (%)	
	精			粗 硼 酸 H ₃ BO ₃	KCl	H ₃ BO ₃
	KCl	NaCl	SO ₄ ⁼			
40网目	93.65	1.29	—	63.6	0.88	0.25
40网目	93.46	2.85	—	60.75	1.72	0.53
40网目	92.02	4.49	—	65.65	1.98	0.27

表13

盐巴再选后的试验结果

选后工业盐 含KCl (%)	返回再选后 尾矿工业盐 含KCl (%)	盐巴再选后的泡沫产物品位 %				
		粗 选 矿		精 选 矿 氯 化 钾		
		KCl %	H ₃ BO ₃ %	KCl %	NaCl %	SO ₄ ⁼ %
6.0	0.34	65.09	2.72	91.22	2.76	—
5.2	1.76	65.09	2.72	91.22	2.76	—
5.2	2.52	65.09	2.72	91.22	2.76	—

表14

分区使用原矿(砂晶盐)的试验结果

地 区 名 称	砂晶盐主要成分 %					砂晶盐投量(公斤)			精矿品位 (%)			回收率 (%)		
	KCl	NaCl	MgCl ₂	CaCl ₂	H ₃ BO ₃	重量 (公斤)	总 量		粗硼酸含 H ₃ BO ₃	氯 化 钾		KCl	H ₃ BO ₃	
							KCl	H ₃ BO ₃		KCl	NaCl			SO ₄ ⁼
邓 关 砂晶盐	24.89	6.15	12.30	3.39	20.21	15	3.734	3.03	72.25	94.39	0.99	0.1	69.8	94.40
贡 井 砂晶盐	19.20	8.20	17.7	31.2	14.38	15	2.873	2.25	70.60	94.19	1.6	0.38	82.1	85.03
舒 平 砂晶盐	21.82	4.40	24.0	4.18	6.74	15	3.25	1.01	54.25	91.23	3.89	—	57.5	81.50
大 安 砂晶盐	31.30	19.57	9.35	6.58	9.30	15	4.70	1.40	68.10	90.60	6.42	—	73.1	87.50

原试验各样系取用生产现场所用各区混合砂晶盐,本试验是以各产区砂晶盐分地区进行试验,从试验结果所得泡沫产物和一次

回收率证明:分区所用砂晶盐与各区砂晶盐混合使用所获得的主要技术指标基本相同,并无较大差异。

表15

浮钾高浓度母液的处理试验

浮 钾 母 液 浓 度 (Bé/室温)	主 要 成 分 (克/升)				浓 缩 终 止 温 度 (°C)	冷 冻 分 级 结 晶 温 度 °C				冷 析 砂 晶 盐 浮 精 钾 品 位 (%)				操 作 概 况
	KCl	CaCl ₂	MgCl ₂	H ₃ BO ₃		50°C 析砂晶盐		20~35°C 析粗硼酸		KCl	NaCl	SO ₄ ⁼	H ₃ BO ₃	
						(%)	(%)	(%)	(%)					
30.5	67.30	36.38	176.7	30.5	127					95.57	—	—	微	正常
30.5	67.30	36.38	176.7	30.5	130	19.50	2.30	2.5	41.2	95.13	—	—	微	正常

说明:①冷析砂晶盐作浮选氯化钾原料使用;
②冷析粗硼酸加水漂洗氯化物后作制硼原料使用;
③冷析后最终母液作制碘溴原料使用;
④在蒸发、冷析的操作过程中尚未发现因浮硼钾加药剂带来意外影响。

表17

试验物料平衡表

投入量 (公斤)			H ₃ BO ₃ (公斤)						KCl (公斤)							
重 量	H ₃ BO ₃	KCl	粗 硼 酸	盐 巴	氯 化 钾	母 液 带 走	一 次 收 率 (%)	总 收 率 (%)	平 衡 差 (%)	氯 化 钾	盐 巴	粗 硼 酸	母 液 带 走	一 次 收 率 (%)	总 收 率 (%)	平 衡 差 (%)

产品质量成分分析

表18

产品氯化钾成份

名 称	KCl	NaCl	SO ₄ ⁼	CaCl ₂	MgC ₂	H ₂ O	H ₃ BO ₃
含 量 %	91.71	1.56	—	0.21	0.84	5.68	0.23

表19

粗 硼 酸 成 份

名 称	H ₃ BO ₃		KCl	CaCl ₂	MgCl ₂	Fe ₂ O ₃	不 溶 物	水 份
	湿 基	折 干 基						
含 量 %	65.00	84.50	7.60	1.80	2.12	0.47	0.60	22.80

这种折干基84%的粗硼酸，通过加水洗涤干燥后，可得含 H₃BO₃ 96.70%的浅黄色的细粒硼酸，其 SO₄⁼ 和不溶物的含量达不

到国家标准工业品要求。必须采用（加漂白粉脱色）重结晶办法，才能得到符合国家标准的工业硼酸，其产品质量比较如下：

表19

重结晶法与浮选法硼酸品位的比较

化 学 成 分	国 家 标 准	重 结 晶 法	浮 选 (洗 涤) 法
H ₃ BO ₃	≥99.00%	99.00%	96.70%
水 不 溶 物	≥0.05%	合格	2.31%
硫酸盐 (SO ₄ ⁼)	≥0.10%	合格	不合格
氯化物 (Cl ⁻)	≥0.20%	合格	合格
铁 (Fe)	≥0.002%	合格	合格
外 观	洁白晶体	合格	浅黄色细末

表20

工 业 盐 (尾 矿) 成 份

名 称	NaCl	KCl	H ₃ BO ₃	SO ₄ ⁼	H ₂ O
含 量 (%)	85.00	6.00	0.65	3.50	4.20

(五)技术经济初步比较:

对浮选出的高品位粗硼酸的利用，现以

技术经济出发，暂设想作硼酸产品安排。为便于比较，现将两种工艺流程介绍如下：

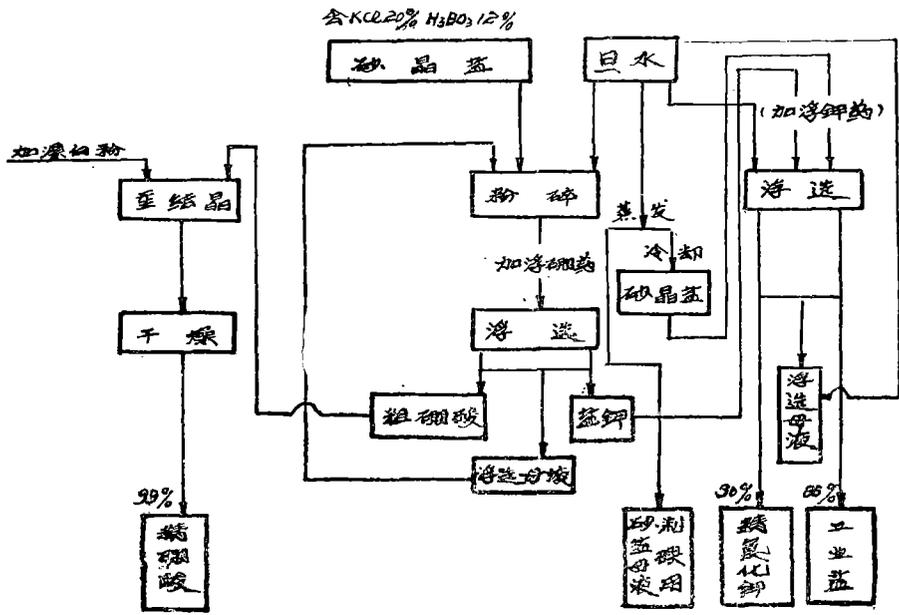


图3 浮选法制硼钾工艺流程示意图

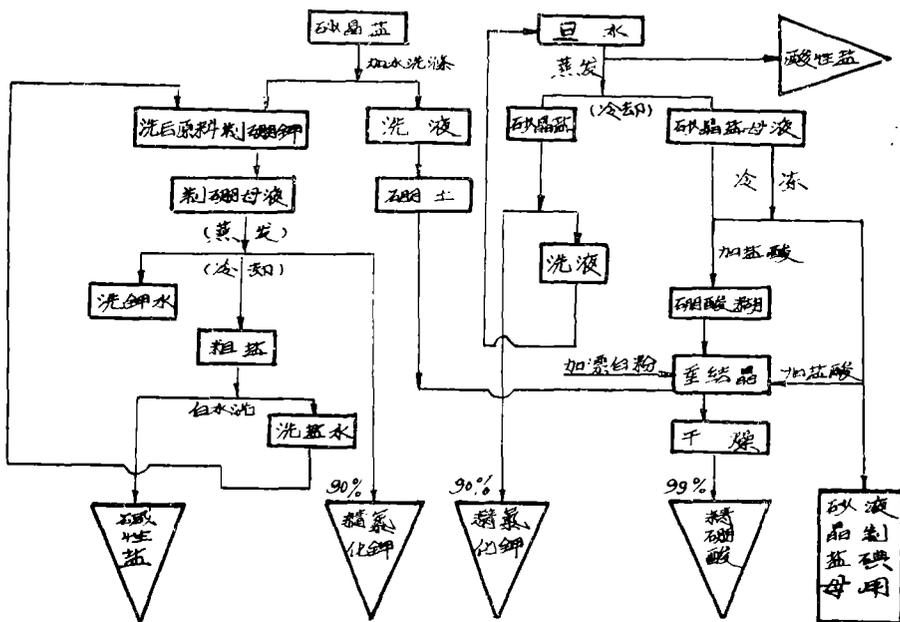


图4 人造光卤石和硼钾联产法制硼钾工艺流程示意图

技术经济指标初步比较：
制硼酸方面：

表21

不同加工方法所得硼酸的技术经济比较

项 目	人造光卤石法和硼钾联产法			浮 选 法		
产 品 质 量	达到国家标准			达到国家标准		
总 收 回 率	0.75 × 0.8018 = 60.14%			0.944 × 0.85 = 80.24%		
消 耗	单 耗	单 价	费 用	单 耗	单 价	费 用
砂 晶 盐	16,460公斤	0.0675元	1,111.05元	12,350公斤	0.0675元	833.63元
天 然 气	3,075米 ³	0.035 元	107.63元	2,050米 ³	0.035 元	71.75元
电 力	167.64度	0.0918元	15.39元	167.64度	0.0918元	15.39元
盐 酸	498公斤	0.100 元	49.80元	498公斤	0.100 元	49.80元
漂 白 粉	213.90公斤	0.40元	85.56元	213.90公斤	0.40元	85.56元
药 剂						15.60元
费 用 合 计			1,369.43元/吨			1,071.73元/吨

表23

不同方法所得氯化钾技术经济的比较

项 目	人造光卤石法和硼钾联产法			浮 选 法		
产 品 质 量	达到部颁标准			达到部颁标准		
总 收 回 率	69.70%			85.76%		
消 耗	单 耗	单 价	费 用	单 耗	单 价	费 用
砂 晶 盐	12,910公斤	0.016 元	206.56元	10,510公斤	0.016 元	168.16元
天 然 气	1,968米 ³	0.0389元	76.56元	590米 ³	0.0389元	22.95元
电 力	147度	0.0867元	12.75元	147度	0.0867元	12.75元
药 剂						6.50元
费 用 合 计			295.87元/吨			210.36元/吨

注：人造光卤石法和硼钾联产法系指 1971 年的生产实际数据与浮选法试验数据和估算数 据作初步比较。可以看出硼钾回收率提高 21.10~16.06%，硼钾主要直接消耗费用有所降低，分别降低21.74~28.90%。

(六)小结:

(1)先选硼后选钾的优先浮选流程，是根据被浮物的可浮性和药剂的选择性，通过试验而定。这流程需要较高的工艺要求和操作条件，如粉碎粒度、pH值调整、加药量等等。

(2)浮选所用原矿黄黑卤砂晶盐，可在各产区分区使用，也可将各产区混合使用，所得浮选结果的主要技术指标，基本相同。

(3)浮选药剂的选择和耗量。浮硼系采用苯胺、油酸、洗涤剂、松节油总耗量 2.5

公斤/吨硼酸，浮钾系采用 18 胺，松油总耗量 0.6 公斤/吨氯化钾浮硼所用苯胺系有毒品，对操作人员应注意劳动保护。

(4)黄黑卤砂晶盐是含有较为复杂的多组份可溶性盐类，具有较为坚硬的混合物晶粒，未碎细的大颗粒进入浮选时难以分选，故砂晶盐粉碎粒度是影响中矿(盐钾)残硼高，最终尾矿(盐)残存硼钾高的主要原因。本工艺严格要求原矿粉碎粒度小于 0.45 毫米。尾矿工业盐建议返回制盐，以循环回收硼钾。

(下转第54页)

$$a = \frac{\sum y_i}{\sum x_i} = \frac{\sum 10^S \frac{\Delta E_i}{S} - \sum \frac{V_x}{V_x + V_{si}}}{\sum \frac{C_s V_{si}}{V_x + V_{si}}}$$

$$\text{即 } C_x = \frac{\sum \frac{C_s V_{si}}{V_x + V_{si}}}{\sum 10^S \frac{\Delta E_i}{S} - \sum \frac{V_x}{V_x + V_{si}}} \quad (12)$$

如 $V_x \gg \sum V_{si}$, 即 V_x 保持一定值, 不受 $\sum V_{si}$ 的影响, 则式(10)可简化成

$$\begin{aligned} \sum 10^S \frac{\Delta E_i}{S} - \frac{\sum \Delta C_i}{\sum \Delta C_i^2} \cdot \sum (\Delta C_i \cdot 10^S) \\ = n - \frac{(\sum \Delta C_i)^2}{\sum \Delta C_i^2} \end{aligned} \quad (13)$$

式(12)简化成

$$C_x = \frac{\sum \Delta C_i}{\frac{\Delta E_i}{S} - n} \quad (14)$$

数学推导承王绳祖等同志热情帮助, 作者深为感谢。

本文内容如有不当之处, 请予批评指正!

(上接第36页)

(5)浮硼时需酸化硼化物为硼酸, 故对浮硼浮选机应采取耐酸防腐蚀保护措施。

(6)浮选法制硼钾较现生产冷冻分级结晶法的流程短, 设备少, 基建安装费用不大; 收率较高。由于从砂晶盐中直接分选硼钾, 大大减少了因蒸发、冷却所耗的热能, 并可取代原庞大的化工机械设备, 因此生产成本可以降低。

参考文献

- [1] 中国科学院青海盐湖研究所资料, “离子选择电极及其在水分析中的应用” 本刊1974 (3, 4) 65页
- [2] R. A. Durst, “Ion-Selective Electrodes” N. B. S. Spec. Publ. 383 (1969)
- [3] J. Tenygl, “Ion-selective Electrode Analysis” (Ed. T. S. West) “Physical Chemistry Series One, Vol. 12, Analytical Chemistry-Part 1” p.139. MTP 1973.
- [4] 兰州大学, “离子选择性电极” 1974
- [5] M. J. D. Brand & G. A. Rechnitz, Anal. Chem., 42, 1172 (1970).
- [6] G. Gran, Analyst, 77.661(1952).
- [7] A. Liberti & M. Mascini, Anal. Chem., 41, 676 (1969).
- [8] B. Karlbery, Anal. Chem., 43, 1911 (1971).
- [9] 中国科学院青海盐湖研究所资料, “天然水中 F^- 的测定”
- [10] 中国科学院青海盐湖研究所, 上海第二分析仪器厂资料, “733型碘离子选择电极的制备分析性能与应用” 本刊, 本期, 37页。

参考文献

- [1] 浮选原理(澳)K. L. 萨赛兰德 I. W. 瓦尔克著 中国工业出版社
- [2] 浮选手册 A. F. 塔加尔特主编 冶金工业出版社
- [3] 化学试剂与制剂手册 B. N. 库兹涅佐夫等编著 化学工业出版社