

冶金工业部耐火材料原料提纯

煅烧提高质量座谈会会议文件汇编

第 一 集



鞍山焦化耐火材料设计研究院

一九八一年十月

冶金部矿山司于1979~1981年先后在山东泰安和辽宁大石桥召开了三次耐火材料原料提纯、煅烧、提高质量技术座谈会。会议总结交流了耐火原料方面的试验研究工作,如镁石原料的浮选和轻烧热选提纯,高纯镁砂的煅烧,高纯镁白云石砖和高纯镁砖的工业试制及使用;高铝原料的浮选提纯,高铝熟料的质量要求;优质焦宝石的煅烧试验,高铁粘土的提纯,回转窑和外火箱矩形竖窑煅烧粘土熟料等技术资料,以及与国外有关公司进行镁砂和高铝矾土等原料技术交流的情况。这几次会议对开发和利用我国丰富的镁石和高铝矾土资源起了推动作用,经提纯的原料不但供应国内需要,还可进入国际市场,扩大出口,换取外汇。现将会议上交流的技术资料汇编成册,不但能了解技术发展的全过程,还可供生产、教学、科研、设计等方面人员参考。

目 录

一、鞍钢大石桥镁矿桦子峪矿区一级菱镁矿粉矿石选矿 提纯试验研究报告.....	3
二、鞍钢大石桥镁矿桦子峪矿区一级菱镁矿粉矿石小型 连续试验总结.....	41
三、菱镁矿浮选提纯半工业试验总结.....	58
四、菱镁矿的选矿提纯.....	86
五、山东掖县镁矿镁矿石浮选提纯研究报告.....	122
六、流态化轻烧桦子峪镁矿浮选精矿粉试验室条件试验 报告.....	135
七、菱镁矿热选提纯.....	159
八、海城镁矿一级菱镁矿二步煅烧生产高纯镁砂总结.....	172
九、用优质菱镁矿煅烧高纯镁砂可能性的探索.....	180
十、低温煅烧镁白云石合成砂的试验报告.....	184
十一、高纯镁白云石烧成砖、高纯镁砖工业试验报告.....	191
十二、天然高纯镁白云石烧成砖在鞍钢150吨转炉使用 总结.....	213
十三、高纯海城粗晶镁石成球和烧结性能试验.....	224
十四、F ⁻ 促进MgO烧结的试验研究报告.....	236

说明：文中有关照片因条件所限，若需要请与文章著作

单位联系解决。

一、鞍钢大石桥镁矿桦子峪矿区

一级菱镁矿粉矿石选矿提纯试验研究报告

鞍山钢铁学院采矿系

鞍钢大石桥镁矿

鞍钢矿山研究设计院

一九七八年十月

为了提高一级菱镁矿粉矿石的质量，根据一九七八年二月初冶金部 78 冶科字 152 号文件“关于建立鞍钢大石桥镁矿镁化白云石烧成砖试验组织”的会议精神，鞍山钢院选矿教研室接受了一级菱镁矿粉矿浮选提纯的试验研究任务。为了加快试验进度，解决化验和检测中的困难，矿山公司科技处又邀请了鞍钢大石桥镁矿、矿山研究设计院、钢铁研究所等单位的有关同志参加工作。通过半年来的试验，共做了二百多试样，选出产品七百多，化验品位数据超过三千个，终于在小型试验中获得了超纯镁精矿〔注 1〕全面完成了任务书〔注 2〕要求的各项指标，突破了天然镁砂中 MgO 含量 $\geq 98\%$ （计算成分）的水平，超过了国外天然菱镁矿选矿的指标，达到海水镁砂的先进指标。

注：1 根据镁砂中 MgO 含量的不同，可将镁砂分为三级，相应的选矿产品也应分为三级。

I、 $MgO \geq 98\%$ 时，超纯镁砂，超纯镁精矿

II、 $MgO = 96 - 98\%$ 时，为高纯镁砂，高纯镁精矿

III、 $MgO < 96\%$ 时，为普通镁砂，普通镁精矿

注 2：根据 152 号文件，桦子峪矿区的一级菱镁石粉矿经浮选提纯后，要求达到指标：

特级品（即超纯镁精矿） $MgO \geq 47\%$
 $CaO < 0.6\%$
 $SiO_2 < 0.3\%$

镁砂中含 $MgO \geq 98\%$ （计算成份， $\frac{MgO \text{ 含量}\%}{MgO \text{ 含量}\% + \text{总杂质}\%}$ ）

一、概 述

(一) 菱镁矿选矿提纯的意义：

1. 为了生产高纯镁砂，提高转炉炉令，赶超世界先进水平。

随着冶金工业强化冶炼和新炼钢法的发展，转炉炼钢比重的增加，对耐火材料制品要求高纯度、高密度，以便具有较高的高温性能和良好的抗渣性能，来提高转炉炉令，挖掘炼钢潜力。据国外资料介绍〔7〕当镁砖中 MgO 的含量由 95% 提高到 98% 时，高温抗折强度可提高四倍左右。故为了实现转炉平均炉令达到 1000 炉，单炉突破 3000 炉，而进行菱镁矿选矿提纯的试验研究，以利于生产高纯镁砂，赶超世界先进水平。

2. 为了扩大利用菱镁矿资源和改进采矿工艺。

目前大石桥镁矿由于对原料没有选矿措施，就必须选择性开采天然优质菱镁矿，也就是吃富矿。这样一采采剥比大约为 1 : 3，在成品矿中又有 40% 左右的一级品粉矿目前不能全部烧砂，形成了矿山搬家的不合理现象。由于耐火工艺中使用焦炭，烧成的镁砂中 MgO 含量仅 90—91%，这种生产方式给国家造成了很大的浪费。

对菱镁矿进行选矿后，采剥比将会由 1 : 3 变成 1 : 1，正个矿山的服役年限约可提高二倍，汽车运输量和采矿成本均可大幅度下降，正个矿山的生产面貌将发生变化。另外，由于耐火材料质量的提高，炉令的延长，又可大幅度降低耐火材料的消耗量，从而相应地又延长了矿山的服役年限和反映出我国的先进技术水平。同时还可以提高镁砂出口价格，为我国换取更多的外汇，为社会主义建设服务。

(二) 目前国内外生产高纯镁砂原料的现状：

国外为了获得高纯镁砂有两条途径：一条途径是从海水中提镁〔7〕。如缺乏天然菱镁矿床的日本、美国、英国等。高纯海水镁砂的 MgO 含量一般在 98% 以上，并生产少量 MgO 含量达 99% 以上的产品。

另一条途径是从天然菱镁矿石中用浮选、重选、电磁选或化学选矿等方法提纯菱镁矿获得高纯镁砂的原料〔2〕。如苏联、希腊、朝鲜等。据有关资料介绍〔2〕，天然镁砂中的 MgO 含量为 96.5% 左右。

从国内情况看，都是直接使用天然菱镁矿烧砂、制砖等。菱镁矿石的选矿工作刚刚开始试验和建设。海城镁矿为了提高耐火材料中 MgO 的含量，利用滑石和菱镁矿煅烧后物理性质的不同变化，研究了“热选”工艺。辽宁省地质局中心实验室于一九六六年曾用浮选方法进行过海城滑石——菱镁矿综合利用的半工业性试验〔1〕。一九七七年八月武汉钢铁学院与鞍钢大石桥镁矿研究，进行了桦子峪矿区菱镁矿级外品的浮选提纯试验研究工作，并取得了 MgO 含量达 97.6% 的高纯镁砂指标。

二、一级菱镁矿粉矿石的浮选提纯试验：

(一) 试样的采取与制备：

鞍钢大石桥镁矿桦子峪矿区是一个规模大、质量好的菱镁矿区。由于菱镁矿和滑石含量的不同分为三级，一级菱镁矿工业指标为：
 $MgO > 45\%$ ， $CaO < 1.5\%$ ， $SiO_2 < 1.5\%$ 。

我们这次试验用的矿样是一级菱镁矿粉矿石，粒度40—0毫米，其量约占一级菱镁矿石的40%左右（每年约生产20万吨粉矿），目前这部分矿石堆置在矿山未被利用，采用选矿和耐火新工艺后可以使其复活。选矿的任务就是将一级菱镁矿粉矿石提纯到： $\text{SiO}_2 < 0.3\%$ ， $\text{CaO} < 0.6\%$ ， $\text{MgO} \geq 47\%$ ，煅烧后镁砂中 $\text{MgO} \geq 98\%$ 。

试验用矿样按要求由大石桥镁矿采取的。试样重量约500公斤，试样粒度为40—0毫米（经筛分检测实际矿样的最大粒度为20—0毫米），试样重量符合试样最小重量（ $Q = r \cdot \alpha^2 = 160$ 公斤）的要求。从化验结果看（见表1）符合生产实际，因此认为该矿样具有代表性。

原矿化学分析

表 1

分级项目	灼减	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO
试样 %	50.97	1.18	0.32	0.55	0.63	46.35

试样加工与缩分流程如图1所示。由于破碎、筛分设备过去都是处理铁矿石的，在试样加工前虽经清理，仍混入了极少量的铁矿石，加上磨矿过程中的铁屑，故使原矿中的铁份偏高。

（二）原矿矿石性质的分析及选矿方法的选择：

1. 原矿矿石性质的分析：

从桦子峪地质报告〔4〕知：该矿区主要矿物为菱镁矿，次要矿物有滑石、透闪石、白云石及少量蛋白石、斜绿泥石和石英等。

菱镁矿（ MgCO_3 ），其中 MgO 占47.8%，比重为2.9—

3. 1) 主要为结晶质,其
结晶粒度可分为特粗粒
(> 50 毫米)、粗粒
(> 5 毫米)、中粒(2
 $- 5$ 毫米)和细粒(< 2
毫米),以中、粗粒为主。
其矿石结构有:

(1) 薄层状结构:单
层厚 $1 - 5$ 厘米,层理面
上往往有滑石薄膜、碳质
薄膜,菱镁矿结晶受层理
控制。

(2) 放射状结构:大
部由特粗粒及粗粒菱镁矿
组成,菱镁矿自一个中心
向四周放射。

(3) 片岩状结构:多
由中、粗粒菱镁矿组成。
菱镁矿菱面体解理特别发
育,呈薄菱镁片状。

(4) 块状结构:主要
由中、细粒结晶菱镁矿组

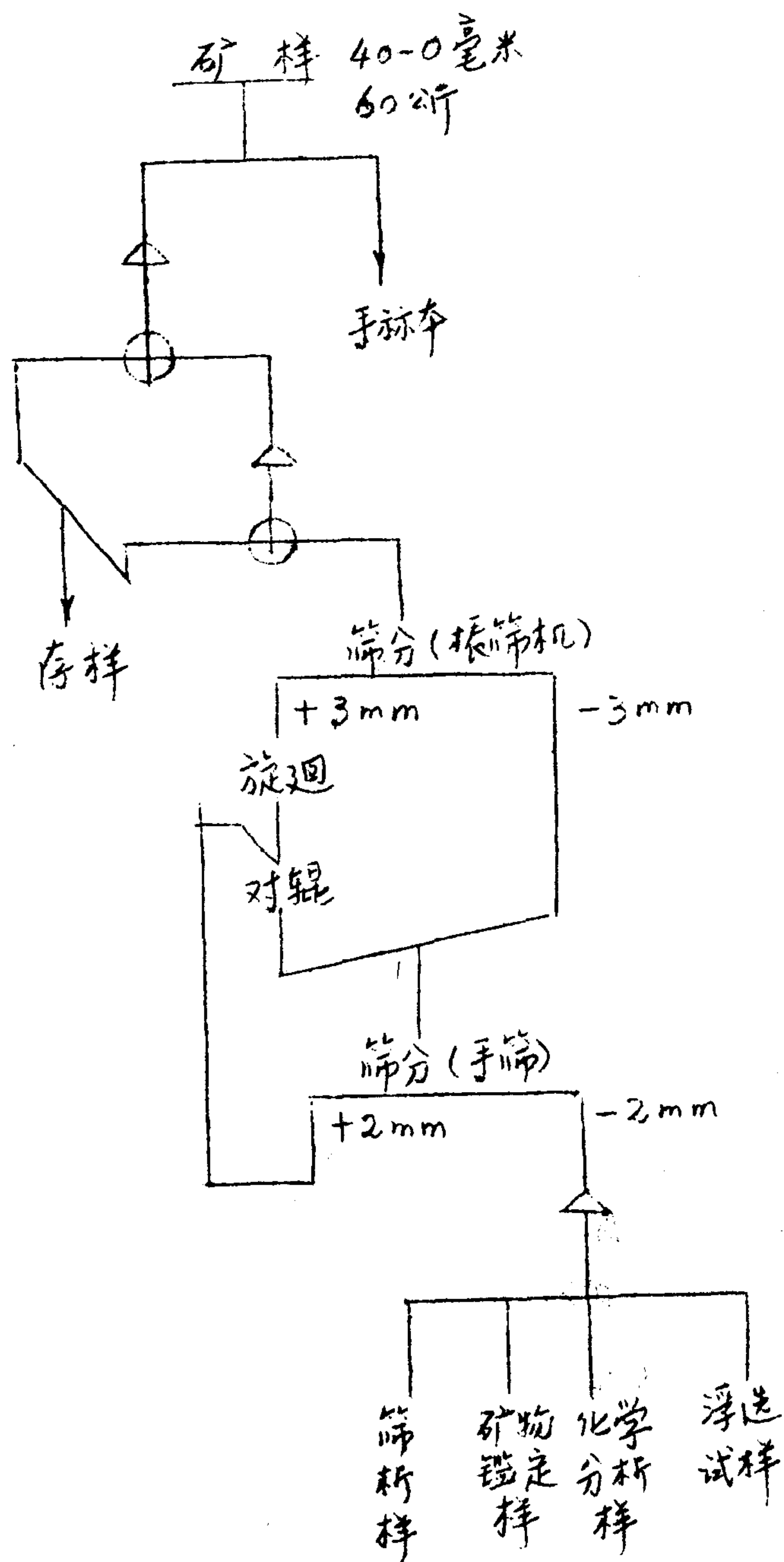


图 1 试样加工与缩分流程

成。质致密坚硬。

(5) 花斑状结构：白色菱镁矿中夹有青灰色菱镁矿，呈花斑状。

(6) 条带状结构：其条带由白色——淡灰色或肉红色菱镁矿组成不同条带，一般由中、粗粒菱镁矿组成。

前四种比较广泛，后两种不甚发育。

滑石($\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$)，其中 SiO_2 占63.5%，比重为2.75)呈薄膜状、透镜状及小团块状分布于菱镁矿中，或以柱状透闪石假晶出现，局部并交代菱镁矿。

透闪石($\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4$)，比重2.9—3.4)呈纤维状放射集晶或呈长柱状单晶，不规则的分布于菱镁矿中，一般具有沿层分布特点，亦有呈小脉状斜交于矿层。

白云石($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)，其中 CaO 30.4%， MgO 21.7%，比重为2.8—2.9)不尽发育，呈小团块存在于菱镁矿中。

斜绿泥石($\text{H}_4\text{Mg}_4\text{Al}_2\text{SiO}_2$)，比重为2.65—2.97)呈长柱状单晶，不甚发育，分布另散。

石英含量较少，一般呈小透镜体，小脉状。

原矿化学多元素分析见表1。

矿石的真比重为2.95，假比重为1.81吨/米³，矿石硬度(普氏硬度 f)为6—8。

原矿(2—0毫米)筛析与化验结果见表2。

通过对原矿矿石性质的分析得知：

(1) 原矿矿物组成比较简单，主要矿物为菱镁矿，脉石矿物为

原矿筛析与化验结果

表 2

粒 级 毫米	产率 %	品 位 %					单体分 离 度 %
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	
+0.833	18.44	0.98	0.24	0.43	0.74	46.37	
-0.833+0.246	43.34	0.85	0.16	0.39	0.74	46.52	
-0.246+0.147	15.69	1.00	0.21	0.38	0.77	46.55	
-0.147+0.113	4.44	1.10	0.16	0.35	0.67	46.52	
-0.113+0.074	5.80	1.20	0.21	0.43	0.72	46.23	
-0.074	12.29	1.90	0.40	0.53	1.02	45.28	
计	100.00	1.06	0.22	0.42	0.78	46.39	

滑石、透闪石、白云石、斜绿泥石等，其中主要有用成分为 MgO 而 SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃ 和 CaO 均为有害杂质，其总含量为 2—4% 左右。

(2) 矿石中各矿物结晶粒度比较粗，且比较均匀，特别是菱镁矿与滑石之间的分离比较容易，故不需细磨（当磨矿粒度为 70%—200 目时，单体分离度达 95—98%），且菱镁矿矿石硬度较小（ $f=6-8$ ），比较易磨。

(3) 矿石中的钙和铁与菱镁矿之间共生关系比较复杂，据辽宁省地质局中心试验室对原矿进行的 X 射线衍射分析结果看，初步认为矿石中的钙主要是以钙镁碳酸盐形式存在，铁存在铁染现象，从筛析的化验结果看，钙、铁基本上是均匀的分布于各粒级中（细级别（-200 目）中杂质含量较高），故从菱镁矿中去钙、铁比较困难。

2. 选矿方法和原则流程的选择：

从原矿矿石性质的分析知：要获得 $\text{MgO} \geq 98\%$ 的超纯菱镁矿产品，必须使精矿中的硅、铝、铁、钙等氧化物的总含量降到 1% 以下，即如何有效地使菱镁矿与滑石、透闪石、白云石等等分离。这些矿物基本上都属于非磁性矿物，用磁选方法很难达到分离的目的，它们之间的比重差亦较小（在 2.5—3.0 之间），加上大石桥矿水源的不足，用重选分离也很困难。但滑石的自然可浮性很强，因为它属于非极性矿物，表面润湿性小，极易浮，而菱镁矿与白云石疏水性较弱，因为它们属于极性矿物，破碎后矿物表面离子键能强，不易浮游。故滑石与菱镁矿之间用浮选比较容易分离，但菱镁矿与白云石之间的分离比较困难，须仔细调整 PH 值，并加入特效的抑制剂后，用脂肪酸类捕收剂浮选菱镁矿，抑制白云石〔3〕。因此确定采用反浮选去滑石等硅酸盐类矿物后，再加特效的抑制剂抑制白云石等非目的矿物，正浮选菱镁矿的反—正浮选原则流程（见图 2）。从国内外的菱镁矿选矿资料看，基本上也是采用这种流程〔1. 2〕

（三）选矿试验

试验中所用的主要设备性

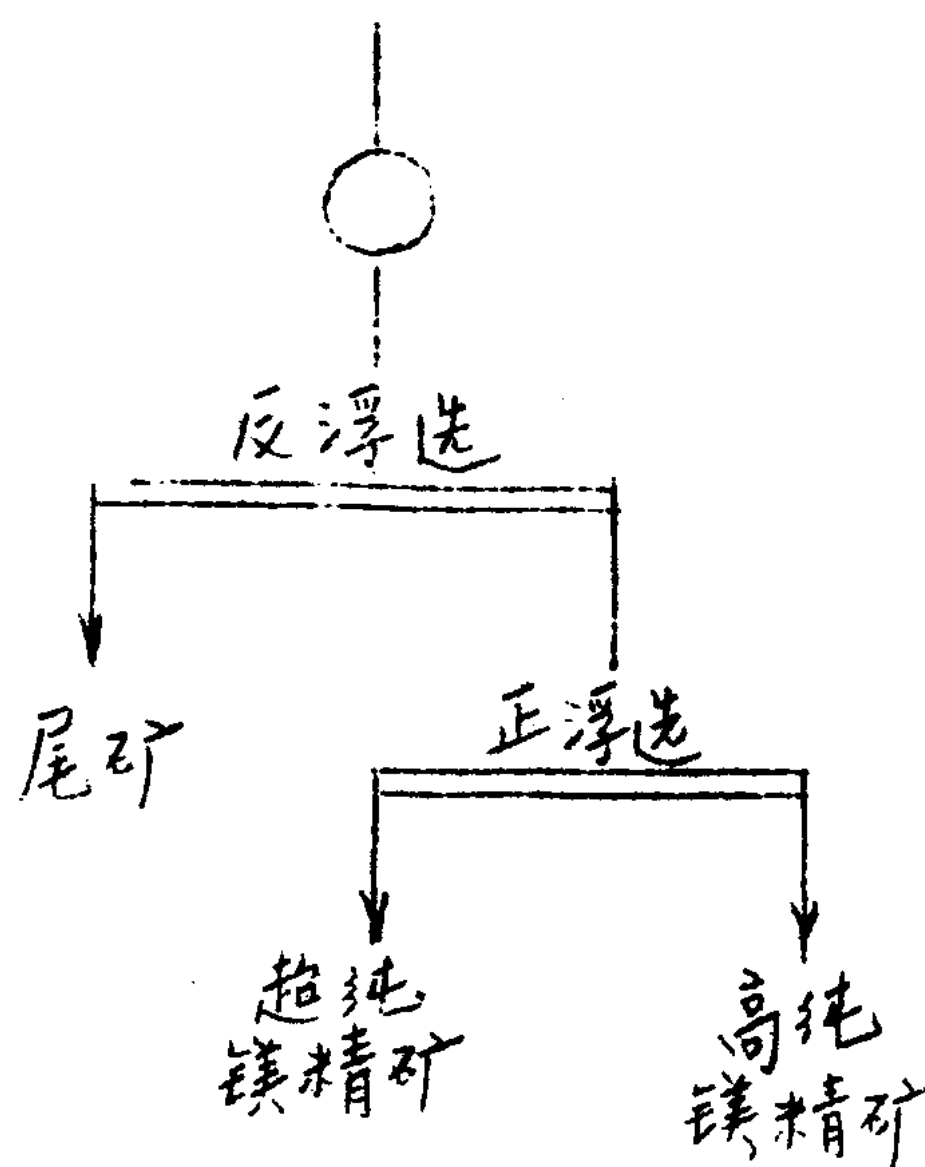


图 2 浮选原则流程

能见附表 1，所用浮选药剂的价格等见附表 2。

1、基础试验：

主要采用变动一个条件，固定其他条件，找出最佳点的方法。

反浮选去硅时的条件试验：

(1) 磨矿粒度试验：

试验流程与条件见图 3。

试验结果见表 3。

磨矿浓度 66.7 %

浮选浓度 33 %

浮选温度 室温

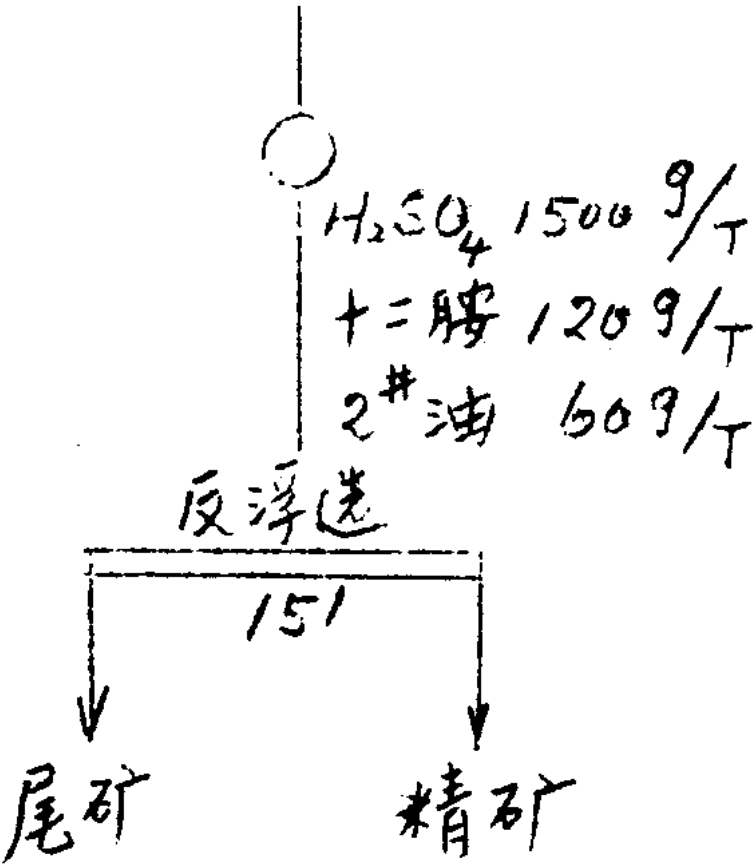


图 3 磨矿粒度试验流程及条件

磨矿粒度试验结果

表 3

试验号	产品名称	产率 %	品位 %			回收率 (MgO) %	磨矿粒度 %—200目
			SiO ₂	CaO	MgO		
M—11	精矿	90.77	0.54	0.56	46.60	91.36	52
	尾矿	9.23	7.59	1.19	42.90	9.64	
	原矿	100.00	1.19	0.62	46.30	100.00	
M—12	精矿	89.90	0.51	0.56	46.60	90.60	68
	尾矿	10.10	5.84	1.09	43.07	9.40	
	原矿	100.00	1.07	0.62	46.27	100.00	
M—13	精矿	85.99	0.49	0.56	46.70	86.63	85.3
	尾矿	14.01	5.42	1.00	44.25	13.37	
	原矿	100.00	1.18	0.62	46.36	100.00	

续上表

M-14	精矿	78.91	0.46	0.56	46.80	79.73	95
	尾矿	21.09	4.41	0.90	44.62	20.27	
	原矿	100.00	1.29	0.63	46.42	100.00	

由上表知：随着磨矿细度的增加，菱镁矿品位略有提高， SiO_2 含量有所下降， CaO 含量几乎不变，而回收率显著下降。考虑到磨矿费用和技术指标的合理性，确定最适宜的磨矿粒度为 70%—200 目（相当于 0.15 毫米）。

(2) 反浮选矿浆 PH 值试验：

试验流程见图 3，磨矿粒度为 0.15 毫米（—200 目占 70% 左右），其他条件同前。变动 PH 调整剂种类及用量，所得试验结果如表 4 所示。

由表 4 知：随着 PH 值的增加， SiO_2 含量开始逐渐下降，当 $\text{PH} > 8$ 时又上升， MgO 含量的变化基本上与 SiO_2 含量的变化相反，而菱镁矿的回收率是逐渐增加的。根据上述指标，确定采用自然 PH 值，即不加 PH 值调整剂。

(3) 反浮选捕收剂种类及用量试验：

a. 十二胺的不同用量试验：

试验中未添加 PH 值调整剂，其他条件同前。

试验结果见表 5。从表 5 得知：随着十二胺用量的增加，精矿中 SiO_2 含量不断下降， MgO 含量不断增加，而 CaO 的含量也有所下降， MgO 的回收率明显下降，其最佳点为十二胺量是 300g/T

反浮选矿浆 PH 值试验结果 表 4

试验号	产品名称	产率 %	品位 %			回收率 (MgO)%	矿浆酸碱度	
			SiO ₂	CaO	MgO		药量	PH 值
M-22	精矿	86.5	0.52	0.60	46.57	87.30	H ₂ SO ₄	2-3
	尾矿	13.5	5.64	0.84	43.40	12.70	2 kg/T	
	原矿	100.0	1.21	0.63	46.14	100.00		
M-23	精矿	90.2	0.42	0.60	46.51	91.12	H ₂ SO ₄	5 左右
	尾矿	9.8	8.54	1.32	41.95	8.88	1.0 kg/T	
	原矿	100.0	1.21	0.67	46.04	100.00		
M-24	精矿	90.50	0.35	0.61	46.63	91.32		7 左右
	尾矿	9.50	8.68	0.84	42.20	8.68	0	
	原矿	100.00	1.14	0.63	46.21	100.00		
M-25	精矿	90.50	0.61	0.63	46.38	91.32	Na ₂ CO ₃	8-9
	尾矿	9.50	8.32	1.04	42.05	8.68	1.0 kg/T	
	原矿	100.00	1.34	0.67	45.96	100.00		

十二胺用量试验结果

表 5

试验号	产品名称	产率 %	品 位			回收率 (MgO) %	药剂用量 g/T	
			SiO ₂	CaO	MgO		十二胺	2号油
M-48	精矿	93.26	0.58	0.60	46.57	94.13		
	尾矿	6.74	10.90	1.25	40.20	5.83	100	
	原矿	100.00	1.24	0.64	46.14	100.00		
M-49	精矿	86.10	0.57	0.56	46.80	87.17		
	尾矿	13.90	7.28	1.04	42.65	12.83	200	
	原矿	100.00	1.49	0.62	46.22	100.00		
M-50	精矿	78.19	0.44	0.49	46.85	79.39		
	尾矿	21.82	5.20	1.12	43.60	20.61	300	
	原矿	100.00	1.49	0.62	46.15	100.00		
M-51	精矿	67.53	0.43	0.49	47.05	68.66		
	尾矿	32.47	3.30	0.91	44.65	31.34	400	
	原矿	100.00	1.36	0.63	46.27	100.00		
M-52	精矿	88.55	0.48	0.56	46.70	89.54		
	尾矿	11.45	7.20	0.84	42.20	10.46	100	60
	原矿	100.00	1.25	0.60	46.18	100.00		
M-53	精矿	82.99	0.39	0.49	46.75	84.04		
	尾矿	17.01	5.90	1.12	43.30	15.96	200	60
	原矿	100.00	1.32	0.60	46.17	100.00		

— 1151 —