

四川某难选石墨矿选矿试验研究

张凌燕^{1,2} 李向益¹ 邱杨率¹ 管俊芳^{1,2} 彭伟军¹ 秦元祥³ 姜 甫³

(1. 武汉理工大学资源与环境工程学院; 2. 矿物资源加工与
环境湖北省重点实验室; 3. 四川领航石墨制品有限公司)

摘 要 为解决开发年代较久的四川某细粒难选石墨矿选矿技术经济指标较低的问题,在条件试验的基础上,对粗精矿再磨再选次数、低品位中矿的处理工艺、全闭路流程试验进行了研究。结果表明,对固定碳含量22.46%的试样,采用1次粗磨1次粗选1次扫选,粗精矿5次再磨6次精选,中矿1~中矿4合并再磨再选、再选精矿返回再磨1作业,中矿5~中矿7合并进入再磨2作业,最终获得了固定碳含量为90.47%、回收率为87.34%的精矿。

关键词 细粒难选石墨矿 再磨 精选 中矿

Experimental Research on Beneficiation of a Refractory Graphite Ore from Sichuan

Zhang Lingyan^{1,2} Li Xiangyi¹ Qiu Yangshuai¹

Guan Junfang^{1,2} Peng Weijun¹ Qin Yuanxiang³ Jiang Fu³

(1. School of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of Technology;

2. Hubei Key Laboratory of Mineral Resources Processing and Environment;

3. Sichuan Linghang Graphite Product Co., Ltd)

Abstract To resolve the problem of lower technological and economic indicators in beneficiation of a fine and refractory graphite ore that was exploited for a long time in Sichuan, the times of regrinding and cleaning, the treatment process of low-grade middling and whole closed trial were studied on the basis of roughing conditions trial. The fixed carbon content of the graphite ore sample was 22.46%. The results show that finally the graphite concentrate of fixed carbon grading at 90.47% with recovery of 87.34% was achieved through the whole closed trial, which was once rough grinding, once roughing and once scavenging, then five times regrinding and six times cleaning to the rough concentrate, one more regrinding and scavenging to the mix of the middling(1~4) and the concentrate of this scavenging merges with the rough concentrate, the middling(5~7) returns to the second regrinding.

Keywords Fine and refractory graphite ore, Regrinding, Cleaning, Middling

四川某地具有丰富的石墨矿资源,矿石属于晶质、微晶质、隐晶质混合型细粒难选石墨矿石,原矿固定碳含量为22%~25%,是我国西南地区重要的石墨生产基地。该地某石墨矿已有70余a的开采历史,随着开采时间的延长和矿体开采部位的变化,选厂的工艺流程和陈旧的磨选设备越来越难以适应矿石性质的变化,导致选矿生产成本居高不下,企业面临严重亏损的局面。因此,对该石墨矿开展选矿试验研究,通过生产工艺技术完善,提高选矿技术经济指标,从而使该选厂摆脱目前的生产困境很有必要。

1 矿石性质

1.1 矿石化学成分

试验矿样主要化学成分分析结果见表1。

表1 试样主要化学成分分析结果

成 分	固定碳	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
含 量	23.53	50.65	9.72	4.95	1.38	0.41
成 分	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	烧损
含 量	0.18	3.26	0.72	0.32	1.99	26.26

张凌燕(1963—),男,副主任,副教授,博士,硕士研究生导师,
430070 湖北省武汉市洪山区珞狮南路122号。

1.2 矿石类型、矿物组成及嵌布特征

试样属于晶质、微晶质和隐晶质混合型石墨矿,肉眼观察呈灰黑色,鳞片变晶结构,块状构造或条带状构造。

试样中主要有用矿物为石墨,约占 23%,其他矿物主要有石英、黑白云母、长石、绿泥石等,黄铁矿及赤褐铁矿、磷灰石等含量较低。

由显微镜观察可知,矿石中石墨按其分布形态主要分为 4 类:

- (1) 鳞片状石墨集合体;
- (2) 条带状;
- (3) 细条状或星点状;
- (4) 微细的鳞片状(部分为土状)。

矿石中石墨大多数以微细鳞片状存在,约占石墨总量的 50%,颗粒较细, $-37\ \mu\text{m}$ 约占 80%,与脉石矿物交织在一起,嵌布特征复杂,单体解离困难。

2 选矿试验研究

在探索试验基础上确定煤油为捕收剂, 2[#]油为起泡剂,石灰为浮选矿浆的 pH 调整剂和黄铁矿的抑制剂。

2.1 磨矿细度试验

磨矿细度试验采用 1 次粗选流程,石灰用量为 1 000 g/t,煤油为 530 g/t, 2[#]油为 55 g/t,试验结果见图 1。

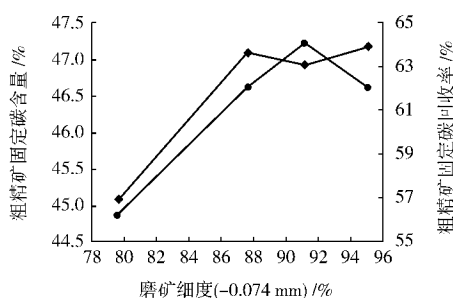


图 1 磨矿细度对粗精矿指标的影响

◆—固定碳含量; ●—固定碳回收率

由图 1 可知,随着磨矿细度的提高,粗精矿固定碳含量先上升而后维持在高位,回收率则先上升后下降。综合考虑,石墨粗选合适的磨矿产品细度为 $-74\ \mu\text{m}$ 占 91.11%。

2.2 粗选条件试验

2.2.1 煤油用量试验

粗选煤油用量试验磨矿产品细度为 $-74\ \mu\text{m}$ 占 91.11%,石灰用量为 1 000 g/t, 2[#]油为 55 g/t,试验结果见图 2。

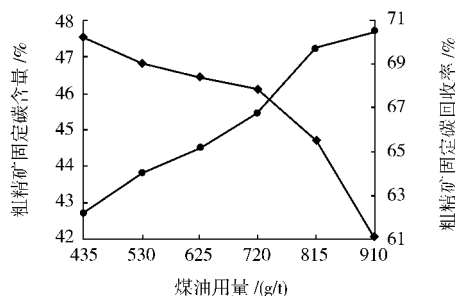


图 2 煤油用量对粗精矿指标的影响

◆—固定碳含量; ●—固定碳回收率

由图 2 可知,随着煤油用量的增加,粗精矿固定碳含量先缓慢下降而后加速下降,回收率呈现平稳上升的趋势。综合考虑,确定石墨粗选捕收剂煤油的合适用量为 815 g/t。

2.2.2 2[#]油用量试验

粗选 2[#]油用量试验磨矿产品细度为 $-74\ \mu\text{m}$ 占 91.11%,煤油用量为 815 g/t,石灰用量为 1 000 g/t,试验结果见图 3。

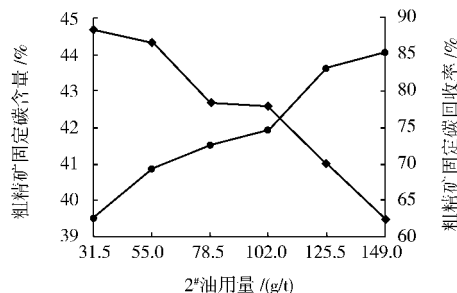


图 3 2[#]油用量对粗精矿指标的影响

◆—固定碳含量; ●—固定碳回收率

由图 3 可知,随着起泡剂 2[#]油用量的增加,粗精矿固定碳含量下降,回收率上升。综合考虑,确定 2[#]油合适用量为 125.5 g/t。

2.2.3 石灰用量试验

粗选石灰用量试验磨矿产品细度为 $-74\ \mu\text{m}$ 占 91.11%,煤油用量为 815 g/t, 2[#]油用量为 125.5 g/t,试验结果见图 4。

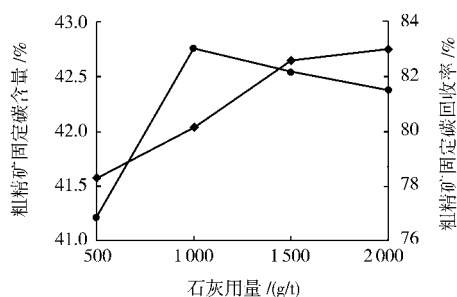


图 4 石灰用量对粗精矿指标的影响

◆—固定碳含量; ●—固定碳回收率

由图 4 可知,随着石灰用量的增加,粗精矿固定

碳含量上升,回收率先升高后下降。综合考虑,确定石墨粗选石灰用量为1 000 g/t。

2.3 粗精矿再磨细度试验

在石墨粗选试验确定的技术条件下仅能获得固定碳含量为42%左右的粗精矿,固定碳含量较低,因此有必要对石墨粗精矿进行再磨再选试验。

石墨再磨试验流程见图5,试验结果见图6。

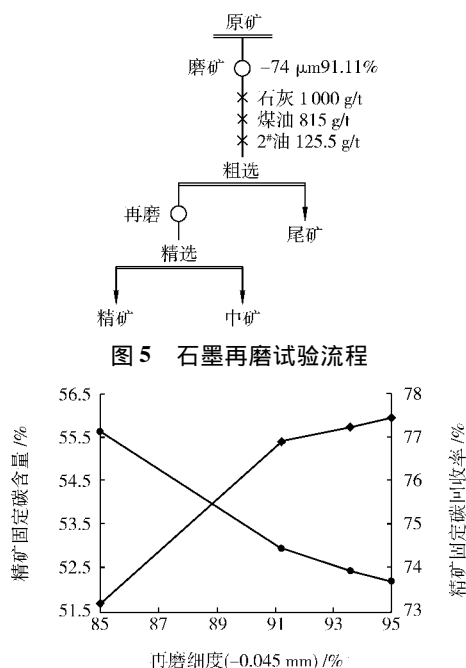


图6 石墨粗精再磨细度对精矿指标的影响

◆—固定碳含量; ●—固定碳回收率

由图6可知,随着粗精矿再磨细度的增加,精矿固定碳含量先显著上升而后升幅减缓,回收率则呈现较明显的下降趋势。综合考虑,确定石墨粗精再磨细度为-45 μm占91.85%。

2.4 开路试验

要获取较高品位的石墨精矿,通常需要进行多段较弱强度的磨矿和选别,以达到多段剥离层状石墨、反复选别清洗的作用。因此,本试验在条件试验基础上进行了1次粗磨1次粗选1次扫选、5次再磨6次精选的开路试验,流程见图7,试验结果见表2。

由表2可知,固定碳含量为23.45%的试样经1次粗磨1次粗选1次扫选、5次再磨6次精选的开路试验流程处理,可获得固定碳含量为93.11%、回收率为42.45%的精矿;中矿1~中矿4总产率高40.38%、固定碳含量仅有20.48%,直接顺序返回不利于提高最终精矿固定碳含量,因此对这部分中矿必须进行单独再磨再选处理;中矿5~中矿7产

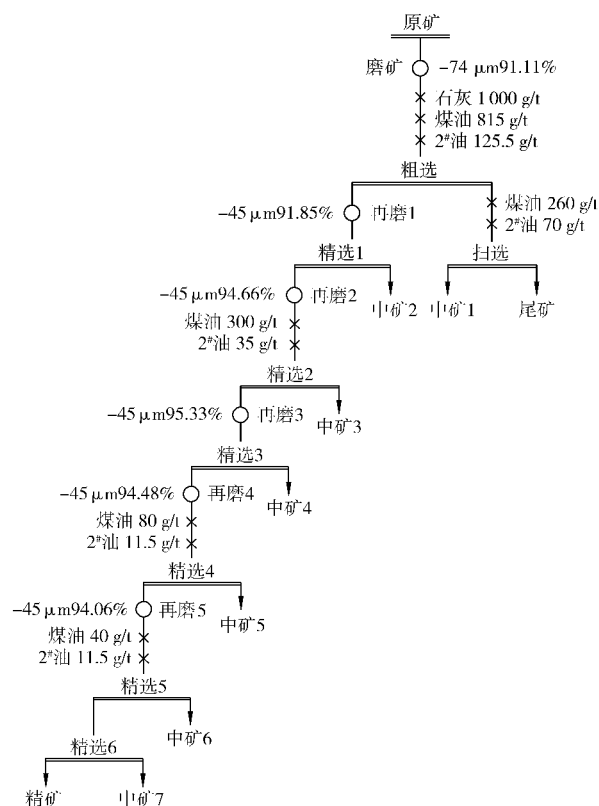


图7 开路试验流程

表2 开路流程试验结果

产 品	产 率	固定碳含量	回收率
精 矿	10.69	93.11	42.45
中矿1	10.46	25.88	11.54
中矿2	16.96	13.83	10.00
中矿3	8.31	18.91	6.70
中矿4	4.65	35.42	7.02
中矿5	2.84	50.46	6.11
中矿6	1.81	60.62	4.68
中矿7	1.22	77.63	4.04
尾 矿	43.06	4.06	7.46
合 计	100.00	23.45	100.00

率为5.87%、固定碳含量为59.23%,略超过精1的品位,因此可与精1合并进入再磨2。

2.5 低品位中矿处理

中矿1~中矿4再磨再选试验流程见图8,试验结果见表3。

从表3可知,中矿1~中矿4合并后再磨再选精矿(即中矿8)固定碳含量为41.92%,与粗精矿固定碳含量相近,故闭路时中矿8与粗精矿合并;尾矿2固定碳含量为5.28%,回收率为5.32%,可以直接抛尾。

2.6 闭路试验

在确定了粗精再磨再选次数、高品位中矿和低品位中矿处理工艺后,进行了全闭路流程试验,试验

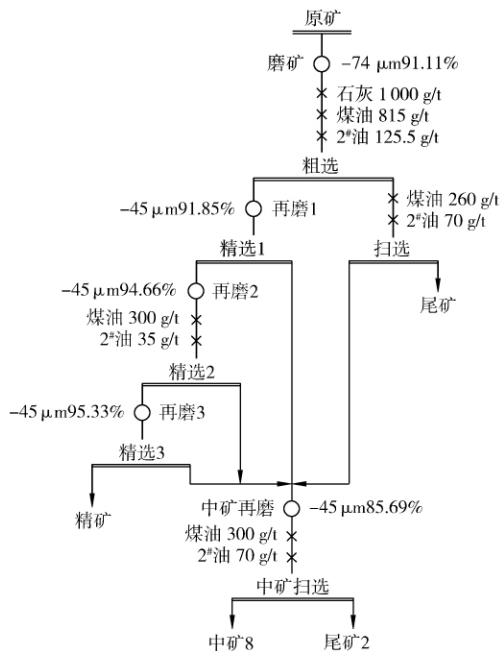


图 8 中矿再磨再选试验流程

表 3 中矿再磨再选试验结果

产 品	产 率	固定碳含量	回收率
中矿 8	16.75	41.92	29.94
尾矿 2	23.63	5.28	5.32
综合中矿	40.38	20.48	35.26

流程见图 9, 试验结果见表 4。

由表 4 可知, 固定碳含量为 22.46% 的试样经闭路试验流程处理, 可获得固定碳含量为 90.47%、回收率为 87.34% 的最终精矿。该品质的精矿达到国家中碳 LZ(-) 45 - 90 标准, 可用作铅笔原料和电池原料。

3 结 论

(1) 四川某石墨矿属于晶质、微晶质和隐晶质混合型细粒难选石墨矿石。矿石主要由石墨、石英、云母、长石、绿泥石组成。石墨颗粒较细, 嵌布特征复杂, 单体解离困难。

(2) 该石墨矿采用 1 次粗磨 1 次粗选 1 次扫选, 粗精矿 5 次再磨 6 次精选, 中矿 1 ~ 中矿 4 合并再磨再选、再选精矿返回再磨作业, 中矿 5 ~ 中矿 7 合并进入再磨 2, 最终获得固定碳含量为 90.47%、回收率为 87.34% 的精矿。该品质的精矿达到国家中碳 LZ(-) 45 - 90 标准, 可用作铅笔原料和电池原料。

药剂用量单位: g/t

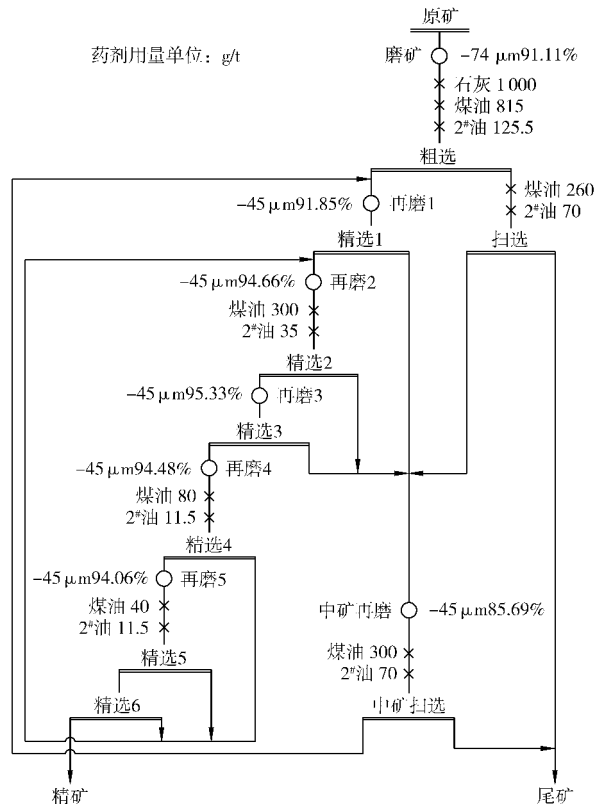


图 9 闭路试验流程

表 4 闭路试验结果

产 品	产 率	固定碳含量	回收率
精 矿	21.68	90.47	87.34
尾 矿	78.32	3.63	12.66
原 矿	100.00	22.46	100.00

参 考 文 献

- [1] 黎 军, 李继业, 袁领群. 坪河细晶 - 隐晶混合型难选石墨矿石浮选新工艺的工业调试[J]. 非金属矿, 1993, 16(2): 11-15.
- [2] 张凌燕, 邱杨率, 黄 雯, 等. 鞍山地区某石墨矿选矿试验研究[J]. 非金属矿, 2011, 34(5): 21-23.
- [3] 武汉建筑材料工业学院选矿教研室. 石墨选矿[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1979.
- [4] 张凌燕, 杨香凤, 洪 礼, 等. 广元地区含隐晶质难选石墨选矿试验研究[J]. 非金属矿, 2010, 33(5): 30-33.
- [5] 刘 靖. 四川南江县石墨矿选矿试验研究[J]. 非金属矿, 1992, 15(3): 14-17.

(收稿日期 2012-04-27)

(上接第 90 页)

- [5] 方启学, 黄国智. 我国铝土矿资源特征及其选矿脱硅技术[J]. 国外金属选矿, 2005(5): 11-17.

- [6] Zhao Qingjie, Chen Qiyuan, Yang Qiaofang. The trends of Chinese alumina production with combined process[J]. Light Metals, 2004 (2): 127-130.

(收稿日期 2012-05-02)