

日照市东南部地区榴辉岩矿矿石加工 技术性能及选矿工艺研究

王光栋¹, 刘俊玉², 徐伟³, 高鸿¹

(1. 日照市国土资源局, 山东 日照 276826; 2. 山东省第八地质矿产勘查院, 山东 日照 276826; 3. 日照市岚山区建设工程质量监督站, 山东 日照 276826)

摘要:日照市东南部岚山安东卫、虎山地区位于苏鲁榴辉岩带南西段的中部, 区域内赋存大型榴辉岩矿体, 榴辉岩资源较丰富。榴辉岩含有的石榴子石、绿辉石、金红石都是应用很广的矿物, 但榴辉岩的选矿工艺比较复杂, 特别是其中金红石的选矿分离一直难以解决。该文就日照东南部地区的榴辉岩矿石的加工技术性能及选矿工艺进行了试验和探讨研究, 为今后该区榴辉岩矿的开发利用打下了一定基础。

关键词:榴辉岩; 加工技术性能; 选矿工艺; 日照市东南部

中图分类号:TD97 **文献标识码:**B

榴辉岩是一种变质程度很深的区域变质岩, 作为一种非金属矿产资源已不断被人们开发和利用。榴辉岩中含有石榴子石、金红石及绿辉石等有用矿物^[1]。金红石是一种含钛金属矿物, 是提炼钛的最好原料, 主要生产钛白粉、电焊条涂层, 是高温、高压部件的优质材料, 广泛应用于国防、机械、化工、建筑材料等诸多行业。共生的石榴子石可作为高级研磨材料, 绿辉石可用来作橡胶填料, 如做汽车轮胎输送带填充料, 使之耐磨性能增加, 微粉制品涂于钢板表面可增加其耐磨性能。榴辉岩中的几种主要矿物都可以加工利用, 因此是一种没有尾矿的矿产。但榴辉岩的矿石加工、选矿一直是个难题, 该文就榴辉岩矿的矿石加工技术性能及选矿技术工作进行了探讨分析, 为今后该区榴辉岩矿的开发利用提供基础资料。

1 榴辉岩矿的基本特征

日照东南部地区榴辉岩主要分布于岚山区苏鲁榴辉岩带南西段的中部^[2], 官山、马家村一带, 榴辉岩矿体为大型矿床。区内变质岩分布广泛, 岩石类型较为复杂, 是多种地质作用的产物。变质作用类型主要表现为区域变质作用、动力变质作用。区域变质岩主

要为中元古代四堡期构造旋回, 板块相向运动靠拢, 地壳强烈收缩加厚, 在地壳深部层次中-高温高压下, 遭受麻粒岩相-榴辉岩相变质作用, 形成榴辉岩; 以及新元古代晋宁期变质变形侵入体, 为区域变质作用过程中低角闪岩相变质作用的产物, 因其具有岩浆作用兼具变质作用的特点, 但以岩浆特征明显, 形成榴辉岩体以包体形式赋存在岩体中; 区内动力变质作用主要表现为新元古代晋宁期侵入体广泛的变质变形, 岩石具明显的面状构造, 矿物拉伸线理等线状构造。

该区榴辉岩矿石, 以其构造特点可分为2种矿石类型。即: 条带状矿石、块状矿石。榴辉岩矿石呈块状、浸染状、似条带状产出。经镜下鉴定、X射线衍射分析和电子探针分析, 矿石的组成矿物较为简单, 主要非金属矿物为石榴子石、绿辉石, 其次是石英、白云母、角闪石, 另有少量金红石、绿帘石; 金属矿物常见磁铁矿、黄铁矿、褐铁矿和钛铁矿^[3]; 其他微量矿物有锆石、磷灰石、黝帘石等。选矿试验结果表明: 该矿石可选性较差, 采用摇床重选—中磁选—浮选的原则工艺流程, 可以获得石榴子石精矿品位84%, 回收率65%, TiO₂ 品位63.21%, 36.58%的金红石精矿。

2 榴辉岩矿石加工技术性能

收稿日期: 2013-12-05; 修订日期: 2014-01-11; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 王光栋(1974—), 男, 山东莒县人, 高级工程师, 主要从事地质灾害防治及矿产资源管理工作; E-mail: wgd7758@126.com

2.1 矿石的物理力学性质

矿体呈致密块状, 裂隙不发育, RQD 为 80%, 抗压强度为 91.74 MPa, 为坚硬完整的岩体, 矿石中石榴子石的莫氏硬度为 7.5 左右。

2.2 主要矿物的粒度特性

矿石中目的矿物的粒度组成及其分布特点对确定磨矿细度和制定合理选矿工艺流程有着直接的影响。为此, 在显微镜下对矿石中石榴子石和金红石的嵌布粒度进行了统计(表 1)。

表 1 石榴子石和金红石的嵌布粒度

粒级 (mm)	石榴子石		金红石	
	分布率 (%)	累计分布率 (%)	分布率 (%)	累计分布率 (%)
-2.33+1.65	6.45	6.45		
-1.65+1.17	16.13	22.58		
-1.17+0.83	20.16	42.74		
-0.83+0.59	26.21	68.95		
-0.59+0.42	16.93	85.88	3.99	3.99
-0.42+0.30	7.36	93.24	15.97	19.96
-0.30+0.21	4.74	97.98	26.96	46.92
-0.21+0.15	1.08	99.06	14.98	61.90
-0.15+0.105	0.55	99.61	16.97	78.87
-0.105+0.074	0.28	99.89	7.74	86.61
-0.074+0.052	0.07	99.96	4.99	91.60
-0.052+0.037	0.03	99.99	4.90	96.50
-0.037+0.026	0.01	100.00	2.00	98.50
-0.026+0.019	微		0.74	99.24
-0.019+0.010			0.71	99.95
-0.010			0.05	100.00

由表 1 可知, 石榴子石和金红石粒度相差较为悬殊。石榴子石集中分布在 -1.05+0.42 mm 之间, 大于 0.30 mm 部分占 93.24%; 金红石的主要分布范围为 -0.42+0.105 mm, 大于 0.30 mm 部分仅占 19.96%。如果单纯从矿物粒度特性来看, 矿石破磨至 0.30 mm 左右(-200 目占 45%~55%)时, 石榴子石可获得较充分的解离, 而绝大部分金红石仍将以连生体的形式存在。但是, 由于金红石多沿石榴子石和绿辉石粒间及裂隙充填、与石榴子石的嵌布关系较为密切^[4], 磨矿过程中随着石榴子石的解离, 大部分金红石也将逐步得到解离。

3 榴辉岩矿石选矿工艺分析

3.1 试验种类与试验设备

根据矿石性质并参考同类矿石的选矿实践, 采用重选粗选抛尾、磁选分离石榴子石与金红石及绿辉石, 电选或浮选精选获得金红石。鉴于石榴子石与绿辉石比重差异小, 其重选难易度为 1.31, 属难分选的

矿物; 金红石原矿品位低, 与绿辉石磁性差异小, 但导电性、可浮性差异大, 因此须采用联合流程才可能获得较好的分选结果。

选矿试验所用设备: 2100×1050 摇床, BLX-Φ610 螺旋选矿机; DPMS-Φ300 永磁中磁选机, YD-2 型 Φ300 mm 电选机; SHP-Φ700 mm 湿式强磁选机 XFD-63 型单槽浮选机; Φ400×300 湿式弱磁选机; XBM-68 型 240×300 mm 棒磨机。

3.2 样品生产流程综合

为了提供石榴子石精矿样品和金红石精矿样品 (TiO₂ 50%~60%), 按照摇床重选—弱磁除铁—中磁选—电选—浮选流程进行了选矿试验, 磨矿粒度 51.6%-200 目, 试验结果见表 2。综合上述各选矿探索试验结果, 形成 3 种选矿流程及其综合指标(表 3)。

表 2 选矿试验结果

作业与流程	产品	产率 (%)	品位 (%)		回收率 (%)
			石榴子石	TiO ₂	
摇床粗选	精矿	17.01	70	4.51	40.59
	中矿	42.69		1.74	39.30
	尾矿	40.30		4.95	20.21
摇床中矿再选	精矿	20.81	70	3.56	42.58
	中矿	36.49		1.74	36.49
	尾矿	42.70		0.86	21.13
摇床合计	精矿	25.89	70	4.18	57.26
	中矿	15.58		1.74	14.34
	尾矿	58.53		0.92	28.40
	给矿	100.00		1.89	100.00
摇床精矿中磁选(一粗一精)	精矿	74.13	80	1.63	26.67
	尾矿 1	18.62		15.83	65.07
	尾矿 2	7.25		5.20	8.26
	给矿	100.00		4.53	100.00
摇床中矿中磁选(一粗一精)	精矿	55.27	75	0.72	19.70
	尾矿 1	37.60		3.95	73.50
	尾矿 2	7.13		1.93	6.80
	给矿	100.00		2.02	100.00
中磁合计	精矿	66.86		3.56	25.17
	尾矿	33.14		8.04	74.83
	给矿	100.00		3.56	100.00
电选	精矿	7.13		42.01	37.26
	尾矿	92.87		5.43	62.74
	给矿	100.00		8.04	100.00
摇床精矿弱磁选	铁精矿	1.11		2.28	0.61
	尾矿	98.89		4.20	99.39
	给矿	100.00		4.18	100.00
摇床中矿弱磁选	铁精矿	0.31		2.28	0
	尾矿	99.69		1.74	100.00
	给矿	100.00		1.74	100.00
电选精矿脱硫浮选	精矿	77.20		61.20	99.91
	硫化物	22.80		0.18	0.09

表 3 选矿流程与综合指标(%)

选矿工艺流程	产品	产率 (%)	品位 (%)		回收率 (%)	
			石榴子石	TiO ₂	石榴子石	TiO ₂
摇床重选—中磁选—电选	石榴子石精矿 1	11.91	92	1.62	28	
	石榴子石精矿 2	10.84	80	0.83	22	
	金红石精矿	0.67	—	62.51	—	21.26
摇床重选—中磁选(湿式强磁选)—浮选	石榴子石精矿	30.01	84	1.40	65	
	金红石精矿	1.14		63.21		36.58
螺旋重选—中磁选—电选	石榴子石精矿	25.02	85	1.37	55	
	金红石精矿	0.42		62.20		13.26

对于石榴子石的分离,由于重选设备选择不同,采用摇床重选的分选指标高一些,操作容易,控制方便,可同时接取多种产品。但如果从节省投资,降低成本考虑,采用螺旋选矿机亦可。对于金红石分选可以采用电选或采用浮选,电选法生产比较稳定,可以获得高质量的金红石产品,但原料需干燥、防尘;浮选法则生产操作难度大一些,如果前面配合湿式强磁选,干燥的矿量大约可减少一半。浮选法生产高质量的金红石难度大一些,但生产 TiO₂ 60%左右的金红石精矿则较为容易。这 2 种流程的选择尚需作深入的选矿对试验和技术经济评价后方可确定。

4 结论

(1)日照东南部地区榴辉岩矿石的矿物组成较为简单,主要为石榴子石、绿辉石和金红石。石榴子石属含镁、钙的铁铝榴石。金红石化学成分变化较大,其纯矿物的 TiO₂ 理论品位较低,部分属于富铁的变种^[5],矿石中 TiO₂ 的分散程度较高,赋存在金红石中的仅占 66.47%。

(2)-200 目 45%~55%的磨矿细度条件下,绝大

部分石榴子石将获得充分解离;金红石粒度虽然较为细小,但由于其嵌布关系简单,大部分金红石也将得到解离。回收金红石的选矿理论指标为:精矿产率 1.4%,TiO₂ 品位 92.35%,TiO₂ 回收率 66.74%。

(3)该矿样属比较难选的矿样,采用重选、中强磁选、电选和浮选的综合方法可以分选回收石榴子石和金红石矿物。由于试样中石榴子石与绿辉石的密度、磁性差异较小;金红石原矿品位低,且精矿的理论品位和回收率都较低,所以获得的可选性试验指标相对较低,较好的试验结果为:石榴子石精矿产率 30%,纯度 84%,回收率 65%;金红石精矿产率 1.14%,纯度 63.21%,回收率 36.58%。

(4)日照东南部地区榴辉岩矿资源储量较大,今后应更加深入地开展选矿流程方案对比试验和技术经济评价。对于当前的选矿工艺,可以采用重选(摇床或螺旋选矿机)—弱磁选除铁—永磁干式中磁选(或湿式强磁选)—浮选的原则工艺流程,该流程可以用于矿山实际开发利用。

参考文献:

- [1] 于炳松,赵志丹,苏尚国. 岩石学[M]. 北京:地质出版社,2011:240.
- [2] 张希道,刘建文. 日照岚山头榴辉岩的成因及演化的 PTt 轨迹[J]. 山东地质,1997,13(1):23-39.
- [3] 李光明,陈昭奎. 山东省某榴辉岩矿床矿物含量计算方法的研究与应用[J]. 中国非金属矿工业导刊,2001,21(2):21-24.
- [4] 葛宁洁,彭中华,李曙光. 榴辉岩的成分分类[J]. 岩石学报,1992,16(1):87-89.
- [5] 秦玉庆,徐启营,徐茂波. 日照市官山榴辉岩矿地质特征及开发评价[J]. 矿产保护与利用,2007,25(4):32-33.

Study on Processing Technology and Mineral Processing of Eclogite Ore in Southeastern Rizhao City

WANG Guangdong¹, LIU Junyu², XU Wei³, GAO Hong¹

(1. Rizhao Bureau of Land and Resources, Shandong Rizhao 276826, China; 2. No. 8 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Rizhao 276826, China; 3. Lanshan Monitoring Station of Construction Quality, Shandong Rizhao 276826, China)

Abstract: Andongwei in Lanshan district and Hushan area in southeast of Rizhao city is located in the middle part of southwestern Sulu eclogites zone. Large eclogite ore bodies occurred in the region, and eclogite resources are abundant. Garnet, omphacite and rutile contained in eclogites are widely applied. But the mineral processing technology of eclogite is complex, especially the separation of rutile is very difficult. In this paper, test performance and processing technology of eclogite ores in southeastern Rizhao city have been studied and discussed. It will provide references for further development and utilization of eclogite ores.

Key words: Eclogite; processing technology; mineral processing; southeastern Rizhao city