

22-26 印度尼西亚南加里曼丹省姑姑山铁矿石质量初步研究

冯连顺

(广东地质研究所·广州·510080)

p618.310.5

认为该铁矿石必须选矿,且需采用以磁选为主的联合流程,并对成矿地质条件提出了新认识,矿床属超基性岩与第三系接触带的深成高温热液矿床。

关键词 矿石质量 成矿地质条件 姑姑山铁矿 印度尼西亚

热液成矿



岩石与矿物

1 矿床主要地质特征

姑姑山位于印度尼西亚南加里曼丹省的东南部,属 KOTABARU 县 Batulicin 镇管辖。

加里曼丹处于欧亚板块东南部解离的大陆主动边缘,即中生代造山带(海西—印支褶皱)中的 SUNDA 地台区,西南侧与印度—澳大利亚板块,东侧与太平洋板块及菲律宾海板块等复合过渡带毗邻,大构造环境极利于成矿。加里曼丹有 4 大金属成矿区域,其中 BANJARMASIN 金、铂、铬成矿区,金、铬、汞、锰、镍、铁成矿带,主要分布在南加里曼丹省,其中 P·SEBUKU、P·LAUT·Ulu Sungai basin 等则是重要的铁成矿亚带,相伴有煤产出。

铁矿主要产于侏罗纪放射虫燧石岩中,尚见二叠纪、第三纪砂岩、泥质板岩等沉积。

姑姑山铁矿地处背斜褶皱轴部复加的北东向逆断层中间部位,背斜两翼分布有超基性岩。这种局部构造,为热液成矿提供有利空间。

矿区岩浆岩主要为超基性岩,有蛇纹石化辉石岩、蛇纹石岩、辉石岩和透闪石—阳起石岩。

前人资料,推测铁矿长 750~1500m,厚

50~200m,矿体呈似层状,倾角 15~20°,矿石一般含 TFe34.5%~55.7%,平均 46.76%(70 个样平均),推断矿床储量 0.8~1 亿吨。

2 铁矿石物质组成和质量

2.1 铁矿石矿物成分和结构构造

主要矿物有磁铁矿(电子探针分析 Fe_2O_3 87.95%, Al_2O_3 3.97%, SiO_2 2.33%, K_2O 0.02%, Cr_2O_3 4.36%, NiO 1.34%),含钛磁铁矿、假象赤铁矿(Fe_2O_3 91.26%, Al_2O_3 0.85%, SiO_2 0.95%, K_2O 0.12%, Cr_2O_3 5.52%, NiO 1.3%),半假象赤铁矿、赤褐铁矿、褐铁矿(水针铁矿, FeO 54.71%, H_2O 9.82%, 尚含 Mn, 属 α 针铁矿)、赤铁矿,少至微量钛铁矿、白钛石、铬铁矿、铬尖晶石、黄铁矿等。脉石矿物有辉石、蛇纹石、角闪石、石英、高岭石和绿泥石等。

矿石具晶粒状、网格交代状、固溶体共结及叶片状、假象或半假象结构。块状、角砾状、鲕状、条带状、胶状、多孔状和蜂窝状构造。

2.2 矿石的化学成分

铁矿石原矿的化学成分和物相分析结果见表 1 和表 2。

2.3 铁的赋存状态

通过化学物相,结合镜下鉴定,铁的存在状态为①赤褐铁矿相:假象赤铁矿、赤铁矿、

本文 1995 年 5 月收到,范若芬编辑。

褐铁矿(水针铁矿);②磁铁矿相:磁铁矿、半假象赤铁矿(磁性部分);③硅酸铁相:辉石、角闪石、蛇纹石等;④硫化铁相:黄铁矿;⑤碳酸铁相:菱铁矿。

铁虽然有多种赋存状态,但主要以磁铁矿(分配率 39%~47%)、赤褐铁矿(分配率 19%~36%)、假象赤铁矿(分配率 15%~20%)等铁单矿物为主(表 3)。

表 1 铁矿石原矿化学全分析表(%)

样 号	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	MnO	TiO ₂	H ₂ O ⁻
1—1	45.82	9.57	10.06	0.08	0.222	0.046	1.15	0.25	10.52
1—2	45.82	9.50	10.05	0.11	0.261	0.046	1.19	0.25	
1—3	45.82	9.54	10.06	0.10	0.241	0.046	1.17	0.25	10.52
I	47.48	7.91	8.87	0.07	0.069	0.097	1.25	0.23	10.97

表 2 铁矿石化学物相分析表(%)

样 号	赤褐铁	分布率	磁铁	分布率	硅酸铁	分布率	硫化铁	分布率	碳酸铁	分布率
009	39.45	88.11	0.23	0.51	5.07	11.32	0.008	0.02	0.018	0.04
012	50.95	95.75	0.25	0.47	1.97	3.70	0.023	0.04	0.018	0.03
013	1.73	3.13	45.06	81.36	8.31	15.06	0.015	0.03	0.083	0.15
018	44.78	90.36	1.34	2.70	3.38	6.82	0.020	0.04	0.046	0.09
019	43.77	93.90	0.14	0.30	2.68	5.74	0.006	0.01	0.018	0.04
020	40.02	90.50	1.36	3.05	2.82	6.38	0.005	0.01	0.018	0.04
023	1.17	2.01	50.70	90.12	4.36	7.75	0.010	0.02	0.018	0.03

表 3 铁在矿物中的分配量表

矿 物	矿物量(%)	TFe	分配量	分配率(%)
磁 铁 矿	43.3~31.4	0.698~0.693	0.302~0.219	47.41~39.33
假象赤铁矿	13.3~12.2	0.700~0.700	0.128~0.085	20.09~15.26
赤褐铁矿	23.3~43.3	0.547~0.47	0.127~0.204	19.93~36.63
褐铁矿(水针铁矿)	11.7~10.5	0.400~0.45	0.046~0.047	7.22~8.44
蛇 纹 石	1.7~1.4	(0.10)	0.017~0.001	2.67~0.2
辉 石	1.7~0.6	(0.10)	0.017~0.0006	2.67~0.1
鲕绿泥石	0.6	(0.03)	0.0002	0.03
钛 铁 矿	微			
铬 铁 矿	微			

括号内为理论值。

2.4 矿石磁性铁占有率和酸碱系数

以往沿用 TFe/FeO 计算磁性率划分铁矿石类型,由于本区铁矿石物质组分复杂,二

价铁(FeO)矿物有几种,故此用磁性铁(mFe)对全铁(TFe)占有率作为需选矿石评价的标准,同时由于物相分析法及误差尚无

统一标准,加之本区假象赤铁矿一半假象赤铁矿是个过渡矿物,有强、中、弱、非磁性之分,因此,必须综合考虑。 mFe/TFe 比值(括号内为样号)为 5(009)、4(012)、81(013)、2.7(0018)、0.3(0.19)、3.1(20)、90.1(023),说明多数为赤铁矿矿石及混合磁铁矿矿石。 $(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3)$,本次测定结果为 0.015、0.019、0.017、0.018,均属酸性矿石。

2.5 铁矿物的嵌布特征

据 25 个光片统计,铁矿物的粒度大于 0.149mm 占 48%, $-0.149\sim 0.074mm$ 占 12%, $-0.074\sim 0.043mm$ 占 8%, $-0.043\sim 0.034mm$ 占 12%,小于 0.034mm 占 20%。

原矿铁矿石中铁矿物和脉石矿物的连生体占 60%~96%,经磨矿及磁选后,解离情况见表 4,无明显的变化规律,解离后铁矿物中仍有显微脉石矿物包裹体。磁铁矿、假象赤铁矿化程度 50%~100%。

表 4 不同粒级铁矿物解离情况表

样	粒度(mm)	铁矿物(%)	连生(%)	脉石(%)	假象赤铁矿化	
					假象(%)	半假象(%)
1	+0.25	79.5	20	0.5	66	33
2	+0.25	73	26	1	90	10
3	+0.25	60	35	5	100	
4	0.25~+0.074	42	22	36	95	5
5	0.25~-0.074	52	12	36	40	40
6	-0.074	5	30	65	100	
7	-0.074	80		20	100	
8	-0.074	75		25	100	
21	+0.074	56	44	20	50	50
22	+0.074	65	20	15	55	40
23	+0.074	40	45	15	90	10
24	-0.074	75		25		
25	-0.074	75		25		

2.6 有益有害元素含量及综合利用

根据所研究铁矿样 TFe 含量 44.22%~56.29%,直接炼钢或炼铁有困难,需进行选矿,或烧损与烧结,才能入炉使用。由于含硅酸铁,对 TFe 要求更高。

有害杂质 SiO_2 基本小于烧结和炼铁的含量要求, $P<0.1\%\sim 0.25\%$,符合炼钢铁要求, $S0.11\%$,亦达到要求,原矿 Al_2O_3 略高。

铁矿中镍、铬等可考虑综合回收,镍主要赋存蛇纹石中。

2.7 铁矿石类型

铁矿石的自然类型:依据矿石的结构构造,划分为块状矿石、角砾状矿石、蜂窝状矿石、条带状矿石、鲕状矿石等,这种划分比较切合实际。

铁矿石工业类型:属工业上利用需选矿石,如炼铁属酸性矿石。由于铁矿石中,并无一种单一矿物全铁(TFe)含量占 85%以上,同时,物相分析磁性铁(mFe)由于假象赤铁矿化、半假象赤铁矿化产生了非、弱、中、强的磁性,故给磁性铁占有率的使用带来困难,当

然仅用 TFe/FeO 的磁性率,更不切合实际,鉴于上述,本区主要是假象赤铁矿石,就磁性铁占有率而言,依据化学相,参照假象赤铁矿石的磁性矿物相,本批试样主要属混合类型矿石。前人资料,认为非磁性铁占 95% 是无根据的。

3 铁矿石选矿小型模拟试验

由于本次所取样品数量及代表性有限,故为‘小型模拟试验’。分别组成两个试样,Ⅰ为致密块状矿石;Ⅱ为鲕状、多孔状矿石。试

验目的是提高 TFe 品位或富集比,破碎粒度以光片测定的粒度为依据,摸索磨矿粒度,采用磁选、电磁选、湿磁选分选方法。对含泥质较高的铁矿化围岩,手选后未作选矿试验。

3.1 分级磁选流程(图略)

磁选是用辊式电磁选机,3500~4500 奥斯特,以电流 0.4A、0.6A 粗磁选、磁精选。对 -0.074mm 则用湿式磁选管,5000 奥斯特,以电流 0.6A 区分精矿与尾矿。磁选最佳产品的 TFe 品位可达 50.48%, 50.7%, 51.08%(表 5、表 6)。

表 5 矿石分级磁选表

样号	粒级(mm)	产率(%)	TFe 品位(%)	分布量	分布率(%)	回收率(%)	富集比
Ⅰ	+0.25	32.9	50.7	0.1669	34.63	36.41	1.10
		35.47	47.58	0.1688	35.03	36.7	1.04
		31.60	46.23	0.1462	30.38	31.9	1.01
	0.25~0.074	38.34	46.35	0.1777	37.71	38.7	1.01
		48.6	50.48	0.2453	52.02	53.58	1.1
		13.01	37.05	0.0482	10.22	10.52	0.8
	-0.074	30.4	48.9	0.1487	34.61	32	1.06
		69.5	40.42	0.2809	65.38	61.33	0.88
Ⅱ	+0.074	24.35	51.08	0.1244	29.86	26.2	1.07
		65.38	42.48	0.2777	62.19	58.49	0.89
		10.25	43.32	0.0444	9.94	9.35	0.91
	-0.074	26.24	47.32	0.1242	27.14	26.1	0.99
		73.75	45.22	0.3335	72.86	70.2	0.95

表 6 不同粒级铁矿物含量及分配率

样号	粒级(mm)	矿 物	矿物量(%)	TFe	分配量	分配率(%)
Ⅰ	0.25~0.074	磁铁矿	60	0.693	0.419	61.25
		假象赤铁矿	30	0.700	0.210	30.70
		赤褐铁矿	10	0.547	0.055	3.04
Ⅱ	+0.074	磁铁矿	50	0.698	0.349	52.21
		假象赤铁矿	45	0.315	0.315	47.09
		赤褐铁矿	1~2	0.470	0.005	0.7

3.2 重液试验

利用二碘甲烷重液(CH_2I_2 , 比重 3.32)对最佳磁选产品进行分离,可提高 TFe 品位 4~5 个百分点,使 TFe 品位保持在 54%~55%,而尾矿则无变化(表 7)。

上述试验结果表明:

①矿石中尚有硅酸铁矿物存在,必须磁选才能提高矿石品位;

②电磁选后最佳磨矿粒度为 0.25~0.074mm,回收率和富集比较好,磁铁矿和假象赤铁矿分配率达 91%~99%;

③以赤褐铁矿为主的 -0.074mm 粒级

矿石,湿磁选有一定效果;

于 H_2O^+ 的存在,需进一步考虑烧损、烧结和焙烧试验。焙烧要考虑生产成本。

④选矿采用以磁选为主的联合流程,由

表7 重液选矿结果

磁精选铁精矿	重液选(二溴甲烷)				湿磁选尾矿	重液选	
-0.25~+0.074mm	重矿	中矿	中轻	轻矿	-0.074mm	重矿	轻矿
TFe 品位 50.48%	55.2	54.16	50.42	46.72	40.42	40.72	40.5
分配率(%)	10.06	16.86	36.52	36.52		50	50
富集比	1.09	1.07	0.99	0.92		1.01	1.00

4 成矿的物理化学条件及矿床成因

石英的气液包裹体为无色,透明度较好,形态呈圆—椭圆状,直径 $1.1\sim 9.62\mu$,充填度为 $50\%\sim 80\%$,有定向排列的包裹体群。包裹体以气液相为主,液相为 H_2O ,气相为 CO ,个别见有 CO 液相。石英的流体包裹体均化法温度(T_h) $432\sim 461.4^\circ C$,其捕获温度(T_t)亦为 $432\sim 461.4^\circ C$,即为成矿温度。包裹体含中等盐度,密度 $0.2500\sim 0.8000g/cm^3$ 。运用石英包裹体 $NaCl-H_2O$ 体系求得

的压力为 $800\sim 1800Pa$,推断生成时的埋深 $3\sim 7km$,属深成条件。

姑姑山铁矿床的成因,考虑到成矿地质背景的同一性,以及区域成矿作用过程,自前认为该铁矿属超基岩与第三纪沉积接触带的深成高温热液铁矿床。

本矿虽然不是正岩浆分异矿床,但在该期为成矿提供一定的铁质,蚀变矿物(蛇纹石化、高岭石化)组合,某些标型矿物(水针铁矿、高岭石)、磁铁矿($TiO_2-Al_2O_3-MgO$)成分标型等,预示了高温热液成因。

A Preliminary Study on Iron Quality of Mt. Gugu in Nanjialimandan Province of Indonesian

Feng Lianshun

Ore dressing must be carried out in the deposit. Dominant magnetic dressing procedure should be adopted. From metallogenic geological conditions, the deposit belongs to plutogenic hydrothermal deposit enriched in the contact zone between ultrabasic rock and Tertiary system.

Key words ore quality, metallogenic geological condition, Mt. Gugu iron deposit, Indonesia