

铁矿石物质组分与储量

杜劲光 李 茵

(冶金部地质局)

问题的提出



长期以来,铁矿是以全铁、可溶铁的含量和两者的差值来衡量其质量的,用 TFe/FeO ——磁性率来划分矿石工业类型。在勘探阶段,往往不考虑矿床和矿石类型,都以全铁、可溶铁和氧化亚铁作为铁矿石的基本分析项目,并以全铁制定工业指标来评价矿床。从铁矿床的勘探和已建选厂的生产实践中,逐渐认识到铁矿石中的含铁矿物很多,而且并不能全部回收。自70年代后期,有的矿床则以可溶铁的含量为依据来制定工业指标。

现在看来,用上述方法圈定矿体、划分矿石工业类型和计算储量仍存在一些问题,如:

1. 东风山受变质铁硅建造铁矿床,矿石中全铁32.42%,可溶铁23.35%,按磁性率划分则属贫磁铁矿矿石,采用浮选—磁选选矿法,精矿品位达54.77%,回收率仅36.41%。矿石中镁铁橄榄石、铁闪石、黑云母、绿泥石、绿帘石、辉石等含铁硅酸盐矿物较多,磁铁矿的铁占有率38.37%,含铁硅酸盐的铁占有率61.63%。尾矿含铁可达26.27%。由于这部分铁主要以硅酸盐矿物形式存在,因而难于用选矿方法加以回收。

2. 峨口受变质铁硅建造铁矿床主要有两种矿石类型(表1):闪石型磁铁矿石中磁性铁的占有率为68.17%,碳酸铁20.50%,硫化铁0.56%,硅酸铁8.94%,石英闪石型磁铁矿石中磁性铁为52.49%,碳酸铁40.09%,硫化铁0.06%,硅酸铁6.77%,有20~40%的铁含于以菱铁矿为主的

碳酸盐矿物中。1981~1982年选矿回收率以全铁考核为62.5~65.8%,以磁性铁考核为95.03%。显然,由于用的是弱磁法选矿,以菱铁矿为主的碳酸铁基本没有回收。

3. 大冶夕卡岩型铁铜矿床矿石以磁铁矿为主,在原生带矿石($TFe/FeO < 2.9$)中含有15~40%的菱铁矿。弱磁性铁矿物的铁约占全铁的1/3,用弱磁选流程难于回收菱铁矿、赤(褐)铁矿,铁的回收率比较低,尾矿含铁量高达30%。

东风山铁矿,工业上能用的铁仅为全铁的38.37%,因而被迫停产。峨口铁矿重新补勘,研究矿石矿物和铁的物相后,改用磁性铁圈定矿体,将占全铁20~40%的以菱铁矿为主的碳酸铁摒弃,致使矿体规模变小、形态复杂,储量大幅度下降。大冶铁矿针对“难选”的混合矿石做了矿物和物相方面的研究及8个工业性的弱磁—强磁选矿试验。8个选矿试验的实际回收率为72.98~91.84%,平均85.47%,强磁选铁的各物相回收率分别平均为:磁性铁100%,碳酸铁70.96%,假像赤铁矿之铁69.65%。

实践说明,统用全铁、可溶铁与磁性率圈定矿体,划分矿石工业类型,计算储量,不能满足生产要求,而且常使生产矿山陷入被动。因而,在70年代后期,有人提出用磁性铁(mFe)或感应铁(BFe)圈定矿体和计算储量。为此,我们综合了几个铁矿床的物质组分资料,并对我国需选矿石的主要矿床类型的矿石物质组分和圈定矿体等问题提出一些初步意见,以供讨论。

我国主要铁矿 类型矿石物质组分

我国主要铁矿床矿石物相分析及含铁矿物列于表1。

1. 碳酸铁在各类型矿床中的变化。

邯邢接触交代型铁矿碳酸铁含量一般 $<1\%$ ，由于全铁品位较高，故占有率较低。长江中下游的接触交代型铁矿和玢岩铁矿碳酸铁含量变化较大。程潮铁矿碳酸铁含量一般 $<1\%$ ，大冶铁山铁铜矿和灵乡铁矿的大小脑脊、广山矿体的含量较高；白象山铁矿仅个别单样碳酸铁含量较高（17.25%）。梅山铁矿碳酸铁含量平均高达9.25%，在贫矿和富矿中皆可圈出 $>16\%$ 的块段，而在贫矿中含量更高（见表5）。

受变质铁硅建造铁矿中，碳酸铁含量一般低于2%。但也有含量高的，如峨口石英型磁铁矿碳酸铁占有率高达40%，鞍山小孤山铁矿个别单样碳酸铁含量高达26.75%，平均11.34%，占全铁41.8%。

在鞍山式铁矿中，一般是浅部含铁碳酸盐矿物含量低，深部升高，沿走向变化小，在断裂带附近显著升高。长江中下游的接触交代型铁矿和玢岩铁矿含铁碳酸盐矿物同样向深部增多，形成磁铁-菱铁-赤铁矿及赤铁-菱铁-磁铁矿的混合矿。此类矿石，在梅山铁矿分布在负300米以下（见表5），大冶铁山也是出现在深部，基本有规律可循。

2. 硅酸铁在各类型矿床中的变化

物相分析的硅酸铁系指硅酸盐矿物晶体结构中的铁，不包括含铁硅酸盐矿物蚀变后析出的微粒磁铁矿。

从表1和表2的统计资料来看，受变质铁硅建造铁矿多为贫矿，硅酸铁含量一般较高，占有率较大（5~30%）。这类矿床的矿石自然类型可划分为磁铁矿（赤铁矿）石英岩、磁铁矿（赤铁矿）闪石（绿泥石、辉石）石英岩和磁铁矿（赤铁矿）石英闪石（辉石）岩。硅酸铁的含量取决于含铁硅酸盐矿物的种类和含量（表3）。在空间分布上，有由单一矿石类型构成的矿体，也有

沿走向呈相变的矿体。如狐姑山主矿体，北部为石英型矿石，中部为石英-闪石过渡型，南部为闪石岩型矿石，硅酸铁含量由北向南逐渐增加。

硅酸铁在受变质铁硅建造矿床中，一般在矿体上、下盘偏高。即使是含铁石英岩矿体，当其上、下盘围岩为绿泥片岩或角闪岩时，亦是在靠近围岩的部位硅酸铁含量有增高的趋势。

赋存在奥陶纪与三迭纪碳酸盐岩地层中的接触交代型铁矿床，矿石品位较高，硅酸铁含量一般较低，因而其占有率不大。赋存在石炭纪地层中的阳山接触交代型铁矿床，矿石中硅酸铁含量较高，在贫矿中占有率达19.56%，富矿中占有率亦达6.07%（表4）。长江下游的玢岩铁矿，矿石中硅酸铁含量一般不超过2%。阳山铁矿矿石中含硅酸铁较高的原因，在于含有较多的钙铁榴石、钙铁辉石（表4），当夕卡岩全为这两种矿物组成时，全铁含量可达21.04~22.04%，硅酸铁的占有率达80~90%。大冶铁矿、白象山和梅山铁矿的硅酸铁含量则随石榴石、绿泥石、绿帘石、透闪石等矿物含量的多寡而变化。

岩浆晚期的攀枝花兰尖等铁矿，矿石中硅酸铁含量比较高，据1973~1983年的生产统计，兰尖矿入选的原矿平均品位为30.35%，精矿品位51.36%，选矿回收率平均为72.9%，尾矿平均含铁14.5%。虽无物相分析资料，可推测含于尾矿的铁绝大部分呈硅酸铁状态，因而磁法选矿不能回收这部分铁。

除已知的大冶铁铜矿床和白云西矿含铁硫化物略高外，其他铁矿床一般小于3%。

铁矿石的物质 组分与铁的物相

众所周知，能被工业利用的铁矿物主要为磁铁矿、钒钛磁铁矿、赤铁矿（镜铁矿、假像赤铁矿）、褐铁矿及菱铁矿等。

铁矿床中的菱铁矿多为镁菱铁矿（表6）。

构成铁矿石的脉石矿物有石英、含铁或不含铁的硅酸盐和碳酸盐矿物。含铁硅酸盐矿物从现有统计资料来看，在我国铁矿床中有九族30余种。铁矿石化学分析的全铁中包括工业矿物的铁和含

我 国 主 要 铁 矿 床 矿

矿 区	全 铁 (%)	物 相 分 析 (%)					
		磁性铁 Fe	假象赤 铁矿 Fe	赤 (褐) 铁矿 Fe	碳酸铁 Fe	硫化物 Fe	硅酸铁 Fe
孤 姑 山	33.17	26.10		2.45	0.46		3.96
石英型磁铁矿矿石	33.45	25.05	2.35	3.3	0.40	0.09	2.13
过渡型磁铁矿矿石	34.52	23.10	2.73	1.77	0.25	0.03	5.56
闪石型磁铁矿矿石	34.32	20.70	1.00	2.77	0.45	0.04	9.30
峨 口	29.76~30.51	17.31~20.96			2.2~4.99		2.46~4.51
闪石型磁铁矿矿石	30.1	20.52			6.17	0.17	2.69
石英闪石型磁铁矿矿石	28.06	14.73			11.25	0.17	1.90
近 北 庄	33.01~32.75	25.44					
东 段	29.57 ①	22.75		3.37		0.17	3.28
西 段	30.31 ②	17.41	3.06	8.49		0.11	1.27
孟 家 沟	35.55	28.51	0.40				
孟 家 沟	28.18	20.50		3.83	0.54	0.08	3.23
型 头 山	31.28~32.79	27.70~28.77	0.54 ~2.07	0.30~0.66	0.22~0.43	0.01~0.04	1.31~2.59
关 门 山	29.13				4.30		
磁铁矿石英岩矿石	30.85	24.0		0.95	3.10		2.75
赤铁矿石英岩矿石	28.60	6.5	23.5				0.5
东 鞍 山	32.20				1.0~11.24 平均2.04		0.1~21.25 平均3.16
西 鞍 山	34.22				上部0.3~0.1 下部0.5~3.44		局部3± 平均1.23±
大庙及黑山	21.82~42.81 25.01~37.52						
攀枝花钒钛磁铁矿	17.41~25.54						
西 石 门	13.26	34.51		1.20		1.22	2.04
尖兵村矿区	11.64	32.78~37.34		1.97~7.66	0.18~1.00	0.047~0.71	0.16~0.59
大冶铁矿混合矿	30.80~53.43	15.0~37.10 平均27.93		0.41~11.20 平均1.16	2.0~13.40 平均8.14	2.10~3.80 平均2.70	0.15~1.86 平均0.86
白 象 山	39.46			0~24 一般5	0.37~17.25 一般2~10	0.03~12 一般<1	0~5.56 一般<1
不 同 品 级	41.33 38.90	30.55 27.21	3.31 1.81	3.29 1.81	2.88 3.12	0.51 0.65	0.63 1.86
梅山(贫矿)	34.11	4.82	17.17		9.86	0.84	1.41
其中混合矿贫矿	32.31	0.68	12.69		16.01	0.87	2.05
富矿矿石	53.07	22.96	19.19		8.31	1.32	1.27
其中富矿混合矿	35.53	1.55	14.89		16.12	1.00	1.95
贫矿选矿试样	32.10~33.75	0.72~3.66		12.53~15.78	15.80~11.93	1.70~0.96	1.15~1.28
白 云 西 矿	34.75~36.13	26.66~28.73			2.73~1.06	1.08~1.83	0.19~0.72
白云石型矿石	31.28	23.15		0.42	4.26	0.52	2.94
云母闪石型矿石	32.48	21.15		0.52	3.12	0.74	3.94

① 原生矿、② 混合矿、③ 十个小品可选性矿试验样平均

工 业 矿 物			含 铁 脉 石 矿 物
氧 化 物	碳 酸 盐	硫 化 物	
磁铁矿, 假像赤铁矿、赤铁矿			阳起石、铁闪石、角闪石、绿泥石 阳起石、角闪石、铁闪石、绿泥石, 含量13~19% 阳起石含量约10~50%, 次为铁闪石、角闪石、绿泥石
磁铁矿	铁白云石、 菱铁矿	黄铁矿	绿泥石、铁镁闪石、黑云母
磁铁矿、假像赤铁矿、赤(褐)铁矿	铁白云石	黄铁矿	辉石类、角闪石类、铁铝榴石、绿泥石、黑云母
磁铁矿、假像赤铁矿	菱铁矿	黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿	透辉石、紫苏辉石、角闪石、绿泥石、黑云母
磁铁矿、假像赤铁矿、赤(褐)铁矿			阳起石、透闪石、角闪石、绿帘石、蛇纹石
磁铁矿、假像赤铁矿、赤(褐)铁矿 磁铁矿、赤(褐)铁矿 磁铁矿、假像赤铁矿、赤(褐)铁矿、镜铁矿	菱铁矿、铁 白云石、菱 铁矿	黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿 黄铁矿、磁黄铁矿 黄铁矿、黄铜矿	角闪石、铁镁闪石、黑云母、绿泥石、絹云母 绿泥石、云母类、角闪石 绿泥石、絹云母、阳起石
磁铁矿、假像赤铁矿、赤铁矿			绿泥石、透闪石、阳起石
假像赤铁矿、磁铁矿	铁白云石、 菱铁矿、 含铁菱镁石	黄铁矿	绿泥石、透闪石、阳起石、滑石
磁铁矿、假像赤铁矿、褐铁矿、钛铁矿		黄铁矿、黄铜矿	绿泥石、铁叶云母、角闪石、绿帘石、黑云母
钒钛磁铁矿、钛铁晶石		磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿	辉石、角闪石、橄辉石、绿泥石
磁铁矿、微量赤铁矿		黄铁矿、黄铜矿	透辉石、透闪石、阳起石、绿泥石、蛇纹石
磁铁矿、菱铁矿、赤铁矿、假像赤铁矿		黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿	透辉石、蛇纹石、透闪石、石榴石、阳起石、绿泥石
磁铁矿、假像赤铁矿、赤(褐)铁矿	菱铁矿、 铁白云石	黄铁矿、黄铜矿	绿泥石、角闪石、绿帘石、石榴石、透辉石
磁铁矿、半假—假像赤铁矿、赤铁矿	菱铁矿、 铁白云石、 铁方解石	黄铁矿、少—微量磁黄铁矿	透闪石、阳起石、绿泥石、透辉石、金云母、滑石
磁铁矿、假像—半假像赤铁矿、赤铁矿	菱铁矿、 铁白云石	黄铁矿	钙铁榴石、透辉石、阳起石、绿帘石、绿泥石
磁铁矿、假像赤铁矿	菱铁矿、 铁白云石	黄铁矿、磁黄铁矿	钠闪石、钠铁闪石、铁闪石、黑云母

不同类型矿床和矿石类型中硅酸铁含量 (%)

表 2

矿 区	受变质铁硅建造铁矿石类型					接触交代型	矽 岩 型	全 铁
	石英型	石英—闪石 过渡型	闪石型	含绿泥石 石英型	白云石型	铁铁矿石	铁铁矿石	
峨 口	1.90		2.69					30.05
孤 姑 山	2.13	5.56	9.30					33.07
赵 村 ^①			7.7					29.37
东 鞍 山			6.21	4.24				32.20
西 鞍 山	1.12		2.60	1.68				34.22
歪 头 山			1.98~6.57 一般 3					31.82
白 云 西 矿 ^②			3.94		2.99			31.88
大 冶 铁 山 ^③						0.15~1.86 平均0.86		43.55
西 石 门						2.04		43.26
尖 兵 村						0.16~0.59		41.64
阳 山 富 矿						3.14		51.73
阳 山 贫 矿						6.95		35.54
白 象 山							0.63~1.86	39.46
梅 山							1.41~2.05	45.38

①可选性试验样；②20个可选性试样平均；③8个工业试样平均。

含铁硅酸盐矿物的铁含量 (%)

表 3

矿 物	大 冶	峨 口	南 芬	东 鞍 山	西 鞍 山	歪 头 山	五 台	阳 山	岚 县	关 门 山	弓 长 岭
黑 云 母							15.49				15.76
金 云 母	2.40										
绢 云 母		4.71									
绿 泥 石		20.2	19.8	20.41	29.30				14.18		21.24
绿 泥 石				22.05						34.24	
绿 泥 石 (片)	19.99										
绿 泥 石 (粒)	23.00										
角 闪 石	14.60					15.50	16.92		24.14 26.96		
铁 闪 石		31.9									31.6
含 氯 角 闪 石								24.98			
镁 铁 闪 石		32.04									24.47
透 闪 石		11.4									
阳 起 石					5.10						7.82
绿 帘 石	8.15 11.47										
黑 柱 石								35.52			
石 榴 石 (浅)	4.94										
石 榴 石 (深)	14.48										
钙 铁 榴 石								19.89			
钙 铝 榴 石											28.91
透 辉 石	1.91							4.48			
钙 铁 辉 石								19.08			
石 榴 石	10.97	28.3					22.52				
镁—普通角闪石											12.31

阳山铁矿不同矿石类型铁的物相 (%)

表 4

矿石自然类型及 岩石名称	矿石工业 类型	全 铁	磁铁矿 中 铁	半假像赤 铁矿中 铁	赤 (褐) 铁 矿中 铁	菱铁矿 中 铁	黄铁矿 中 铁	磁黄铁 矿中 铁	含铁硅酸盐矿物中铁		
									易溶硅酸铁	难溶硅酸铁	合 计
块状磁铁矿	高炉磁铁矿	51.73	44.48	1.34	0.28	2.23	0.06	0.02	1.42	1.72	3.14
钙铁榴石 磁铁矿	磁铁矿	35.54	23.49	1.09	0.67	2.61	0.14	0.01	4.14	2.81	6.95
钙铁辉石											
钙铁辉石—钙铁榴石 磁铁矿	磁铁矿表外矿	23.60	7.97	0.51	0.23	1.74	0.19	0.01	7.98	4.72	12.70
钙铁榴石—钙铁辉石											
菱 铁 岩		24.57	2.36	0.24	0.90	15.51	0.37	0.01	4.49	0.56	5.05
钙铁辉石夕卡岩		21.04	1.21	0.33	0.17	2.21	0.06	0.01	3.43	13.47	16.90
钙铁榴石夕卡岩		22.04	1.59	0.48	0	1.79	0.55	0.01	16.70	3.13	19.83

梅山铁矿不同矿石类型的空间分布及铁的物相

表 5

矿 石 类 型	全 铁 (%)	磁铁矿 中 铁 (%)	赤 (褐) 铁 矿 中 铁	碳酸铁中铁		硅酸铁 中 铁 (%)	空 间 分 布	矿 物 共 生 组 合
				铁含量 (%)	菱铁矿矿物 含量 (%)			
块 状	56.1	25.88	18.99	8.93	20.46	0.98	矿 体 上 部	磁铁矿、半假像赤铁矿、菱铁矿少量、磷 灰石、白云石、方解石、黄铁矿、石英
角砾状	40.46	7.76	19.09	10.79	24.72	1.51	矿 体 边 部	磁铁矿、半假像赤铁矿、菱铁矿、白云石 方解石
竹叶状	54.2	9.30	32.02	11.31	25.91	1.27	矿体中局部及岩体中部	磁铁矿、半假像赤铁矿、少量菱铁矿、 钠柱石、透辉石、白云石、方解石
浸染状	30.67	5.44	10.98	11.55	26.46	1.65	矿体顶板及大部分贫矿	假像赤铁矿、菱铁矿、磁铁矿、石榴石、 透辉石、白云石、方解石、黄铁矿
斑点状	30.23	2.21	9.09	15.87	30.36	1.99	矿体西北部 (-300 米以下)	菱铁矿、假像赤铁矿、少量磁铁矿、钙 铁榴石、白云石、方解石、石英、黄铁矿

菱铁矿的主要化学成分 (%)

表 6

矿 区	矿石类型 或成因	TFe	FeO	MgO	MnO	CaO	
峨 口	闪石型	39.81	51.27	8.27	0.77	0.90	5 个电子探针分析平均数
	石英型	41.52	53.42	7.34	0.61	1.04	4 个电子探针分析平均数
东鞍山	热 液	42.48	54.66	3.77	1.91	1.65	6 个电子探针分析平均数
	沉 积	41.70	53.66	5.35	2.52	1.47	6 个电子探针分析平均数
关门山	热 液	39.99	51.46	1.32	1.04	0.56	4 个电子探针分析平均数
	热 液	41.16	52.96	4.03	2.42	1.52	2 个单矿物化学分析平均数
西鞍山		37.50	47.56	6.65	1.59	1.29	3 个化学分析平均数
弓长岭	近矿围岩	42.58	54.78	7.64	0.08	0.19	2 个电子探针分析平均数
阳 山		34.83	43.37	2.34	11.25	2.31	1 个化学分析
梅 山		43.65	47.06	4.68	1.16	2.88	10 个电子探针分析平均数
		38.31	37.32	5.65	1.02	3.12	5 个单矿物化学全分析平均数, 其中含 Fe ₂ O ₃ 1.41%
大冶铁山		40.30					

铁硅酸盐及含铁碳酸盐矿物的铁。根据含铁硅酸盐矿物在稀盐酸（或稀盐酸加二氯化锡）中的溶解率（表 7）可分为易溶、部分可溶和难溶的硅酸铁：

1. 易溶含铁硅酸盐矿物（溶解率 > 70%）有

黑云母、绢云母、绿泥石、蛇纹石、橄榄石、钙铁榴石、透闪石、阳起石等；

2. 部分可溶含铁硅酸盐矿物（溶解率 15~70%）有铁闪石、角闪石、石榴石、金云母、透辉石、斜方辉石、绿帘石等；

含铁硅酸盐矿物铁的溶解率

表 7

矿 物	全 铁				可 溶 铁				溶 解 率			
	I	II	峨 口	大 冶	I	II	峨 口	大 冶	I	II	峨 口	大 冶
黑 云 母	6.65				6.65				100			
绿 泥 石	25.55	28.16	20.2		25.40	28.16	20		99.41	100	99.01	
绿 泥 石	27.09	8.68		6.05	26.80	7.86		5.20	98.93	91.08		85.95
绢 云 母			4.71				3.4				72.19	
金 云 母				2.2				0.90				40.91
蛇 纹 石	2.65				2.60				98.11			
斜 方 辉 石	8.20				4.55				55.49			
透 辉 石		3.46		2.0		0.79		0.60		22.83		30.0
角 闪 石	12.65	9.86			6.55	4.81			51.78	48.78		
透 闪 石			11.4				11.4				100	
铁 闪 石		33.33	31.9			4.50	7.0			13.50	21.94	
阳 起 石	16.35				13.05				79.82			
橄 榄 石	6.16				5.85				94.97			
石 榴 石	19.90	18.60			19.45	17.87			97.74	96.08		
石 榴 石	6.53		28.3	10.97	1.75		11.90	6.05	26.80		42.05	55.15
绿 帘 石	1.1			8.15	2.1			0.95	47.73			11.66

3. 难溶含铁硅酸盐矿物（溶解率 < 15%）有 普通角闪石、普通辉石等。

长期以来,将全部可溶铁视为工业上可利用的铁,并以全铁减可溶铁作为硅酸铁。实际上,易溶和部分可溶含铁硅酸盐矿物中的铁,在做可溶铁分析时皆进入可溶铁中,而这部分铁在选矿过程中却进入尾矿。因此,当矿石中存在大量易溶和可溶含铁硅酸盐矿物时,再用可溶铁作工业指标,圈定矿体、计算储量,势必要出现类似东风山铁矿的问题。

由于含铁硅酸盐矿物溶解率不同,而且在矿体中的含量也有很大差异,所以,在计算储量之前必须查清其含量和分布情况。

同样,过去对矿石中的碳酸铁也了解不够。特别对需选矿石中的碳酸铁,当采用弱磁选时它基本上进入尾矿,因此,在制定受变质铁硅建造铁矿工业指标时,对碳酸铁大于3%者,要求用全铁减去碳酸铁之铁来圈定矿体。马鞍山矿山研究院曾对梅山铁矿的菱铁—赤铁混合贫矿做了浮—强磁可选性试验(表8)。试验表明,菱铁

梅山菱铁—赤铁贫矿回收率 表 8

名 称	磁铁矿	赤铁矿	菱铁矿	黄铁矿	含铁硅酸盐矿物之铁
铁含量(%)	4.46	12.00	14.62	1.24	1.71
占有率(%)	13.11	35.26	42.96	3.64	5.03
回收率(%)	100	87.89	69.66		57.68

矿大部分能够被回收,且为半自熔性精矿。目前该矿以干磁选—重选—浮选联合流程处理全铁45%左右的原矿,其中碳酸铁占有率约为26%,全铁回收率81%,精矿为含铁约51%的自熔性精矿粉。虽未做精、尾矿的物相分析,但可推测菱铁矿的回收率不会低于60%。大冶铁山的8个工业试验样中的碳酸铁回收率平均为70.69%,铁精矿碱比为0.8。上述选矿试验和生产实践证明,菱铁矿是可选的。

峨口铁矿采用弱磁法选矿,补勘后改用磁性铁圈定矿体(边界品位为10%,最低工业品位为15%),将石英型矿石中占2/5与闪石型矿石中占1/5的以菱铁矿为主的碳酸铁圈出矿体。有关单位研究后,认为回收这部分铁在方法上已

成熟,经济上是可行的。关门山铁矿,由于剔出大于3%碳酸铁(菱铁矿为主),致使Ⅱ号矿体成为表外矿体,全矿区减少了数千万吨矿量。

据此,我们认为在铁矿中,以菱铁矿(菱铁矿)为主的碳酸铁大于3%时,在贫铁矿石中占有率一般都比较,不应视为无用之铁,而应采取大冶铁矿方式进行回收试验,如能受益则应回收。

为了解决铁矿石的物相分析方法并制定误差标准,冶金部有关部门早在70年代中期就已组织有关研究院(所)对铁矿石的物相分析方法进行研究。1984年10月在天津召开的第三次铁矿石物相分析方法和误差标准讨论会上,与会代表通过对峨口、午汲、祁东、西鞍山、西双版纳、麒麟山、大西沟、白云西矿、金山店、白象山、和睦山和冀东等矿区的标样物相分析试验研究,统一了铁矿石的物相分析测定方法,制定了误差标准,为今后对铁矿石物质组分的研究提供了条件。

铁矿石物质组分 研究与储量计算的刍议

研究铁矿石物质组分的目的,是为了提交可靠的储量,确保矿山采选企业设计和生产的需要。对需选矿石来说,则是为选矿方法的选择提供依据,同时也为确定工业指标提出可靠的基础资料。基于上述认识,我们对矿石物质组分的研究与储量计算提出如下建议。

1.在找矿评价阶段,若已肯定矿床类型时,应首先对含矿与近矿围岩岩性、蚀变种类及其在空间上的变化进行研究。要对矿石的自然类型、工业矿物和脉石矿物及其含量进行查定工作。首先,要选择2~4个剖面,按矿石自然类型、含矿与近矿围岩和夹层进行系统的取样,以查定铁矿物(氧化物及碳酸盐)和含铁脉石矿物(碳酸盐、硅酸盐、硫化物)的含量和空间变化。在基本分析中进行系统的物相和有益、有害组分查定。在此基础上确定围岩和矿石的自然类型,并取样进行可选性试验。

2.在勘探阶段,应根据评价阶段所获得的资料,确定化学分析和物相分析项目。

1) 受变质铁硅建造铁矿床矿石中工业矿物主要为磁铁矿、假像及半假像赤铁矿和菱铁矿,脉石矿物主要为石英、含铁硅酸盐和含铁碳酸盐矿物。基本上可将该类矿床的矿石划分为磁铁矿石英岩、磁铁闪石(辉石)岩、赤铁石英岩和赤铁闪石(辉石)岩4种主要自然类型。其物相及化学分析项目应是:

①磁铁矿石英岩矿石,主要由磁铁矿与少量假像和半假像赤铁矿组成。当碳酸铁和硅酸铁含量均 $< 3\%$ 时,基本分析为全铁,以全铁制定工业指标,并用其圈定矿体并计算储量(当局部出现硅酸铁 $> 3\%$ 的地段时,对含硅酸铁较高的地段应增加硅酸铁分析,以全铁扣除硅酸铁圈定矿体)。硅酸铁、碳酸铁及其他有益、有害组分可在组合样中分析。

②磁铁闪石(辉石)岩矿石,工业矿物以磁铁矿为主,假像(半假像)赤铁矿次之。当碳酸铁 $< 3\%$ 、硅酸铁 $> 3\%$ 时,基本分析为全铁和硅酸铁,用全铁制定工业指标,以全铁扣除硅酸铁圈定矿体并计算储量。

③赤铁石英岩或赤铁闪石(辉石)岩矿石,工业矿物主要为假(半假)像赤铁矿,磁铁矿次之。基本分析项目同①、②;以全铁制定工业指标,用全铁(当硅酸铁 $> 3\%$ 时,以全铁扣除硅酸铁)圈定矿体并计算储量。

④矿石中含铁碳酸盐矿物(菱铁矿为主)碳酸铁含量 $> 3\%$ 时,应分矿石类型在组合样中分析碳酸铁,以掌握碳酸铁的含量和变化规律。

⑤矿石中含铁碳酸盐矿物为铁白云石和铁方解石,其铁含量 $> 3\%$,硅酸铁含量不论大于或小于 3% ,基本分析应为全铁,并测定磁性铁。以磁性铁制定工业指标,圈定矿体,计算储量,除磁性铁品位之外,亦应计算矿体的全铁品位。

2) 玢岩铁矿主要工业矿物为磁铁矿、假像赤铁矿、赤铁矿和菱铁矿,硅酸铁含量一般 $< 3\%$ 。基本分析为全铁,在不同矿石类型的组合样中分析碳酸铁,以全铁制定工业指标,圈定矿体,计算储量。

3) 接触交代型铁矿工业矿物主要是磁铁矿、假像赤铁矿、赤铁矿,有时菱铁矿亦为工业矿物

组分。当硅酸铁与碳酸铁含量均 $< 3\%$ 时,基本分析项目与磁铁矿石英岩矿石相同。但在贫矿中若硅酸铁 $> 3\%$,基本分析应做硅酸铁,从全铁中扣除硅酸铁圈定矿体;当碳酸铁含量 $> 3\%$ 时,则按玢岩铁矿方式处理。以全铁制定工业指标,圈定矿体,计算储量。

2), 3) 两种类型矿床多伴生可回收的铜、钼、钴、钒、硫、磷,应视其含量及赋存状态在基本分析或组合分析中进行查定。

4) 岩浆晚期钒钛磁铁矿工业矿物主要是磁铁矿、钛磁铁矿和钒钛磁铁矿,脉石矿物为辉石、角闪石、橄榄石、黑云母、绿泥石和绿帘石等矿物。若硅酸铁、碳酸铁含量均 $< 3\%$ 时,基本分析为全铁、钛和钒。从选矿回收率和尾矿含铁情况来看,硅酸铁含量有极大可能 $> 3\%$,当 $> 3\%$ 时,在基本分析中应分析硅酸铁,并从全铁中扣除硅酸铁圈定矿体。若硅酸铁 $< 3\%$ 时,用全铁制定工业指标,圈定矿体,计算储量。应在组合样品中查明有益、有害组分及其赋存状态。

应指出的是,虽在评价阶段已做了系统的物相、有益、有害组分的查定,但在勘探阶段为了充分地取其在空间上的分布规律,还应在组合分析中进行查定。

铁矿石工业类型划分与选矿试验的商榷

1. 通常,对需选矿石工业类型的划分是以单一弱磁选工艺流程作基础的。一般认为赤铁矿、假像赤铁矿为表生矿物,磁铁矿为原生或由沉积赤铁矿、菱铁矿受变质或接触交代而生成,因而又用 TFe/FeO 的比值来划分矿石的工业类型。比值 < 2.7 者为“原生矿”;比值 > 3.5 者则为“氧化矿”,属难选矿石。但是,张行庄、小韩庄和经山寺等铁矿,其磁性率分别为1.67, 1.71和1.71,而选矿回收率(表9)竟与常规相反。从物相组成来看3个矿床的硅酸铁占有率分别为32.61%, 21.95%和36.73%,因而回收率低是正常的。其原因在于全铁中包含有含铁硅酸盐和含铁碳酸盐矿物之铁,除含铁碳酸盐矿物中的铁呈 FeO 状态外,含铁硅酸盐矿物中的铁也多以 FeO 状态

存在,故使FeO的含量增大,导致TFe/FeO比值变小,甚至小于磁铁矿的理论磁性率。因此,只有在矿石中没有或微有含铁硅酸盐及碳酸

盐矿物的情况下方可采用磁性率划分矿石类型,可是这种情况极少。以磁性铁占有率来划分工业类型,磁性铁占有率与弱磁选回收率基本一致

磁性铁占有率与磁选回收率

表 9

矿 区	全 铁 (%)	磁 性 铁		精 矿 品 位 (%)	回 收 率 (%)
		含 量 (%)	占有率 (%)		
孟 家 沟	28.18	20.50	72.75	67.71	81.42
歪 头 山	32.09	28.06	87.44	68	81.5
关门山磁铁矿石英岩①	30.85	24	77.80	66.59	73.08
西 石 门	43.26	34.54	79.84	65.56	93.03
半 山	43.43	31.02	71.43	63.64	94.61
大 冶 铁 矿②	43.56	27.93	64.12	54.82	85.47
梅山贫矿混合矿	28.38	13.84	48.77	53.08	72.31
白 象 山	浮 一 磁 选	41.33	30.55	73.92	60.50
	磁 选	38.90	27.21	69.95	62.99
近 北 庄	原 生 矿	29.57	22.75	76.94	68.15
	混 合 矿	30.34	17.41	57.38	68.26
孤 姑 山	石英型磁铁矿石	33.45	25.05	74.89	TFe 66.80 mFe 94.15
	过渡型磁铁矿石	34.52	23.10	66.92	TFe 65.60 mFe 65.10
	闪石型磁铁矿石	34.32	20.70	60.31	TFe 66.80 mFe 65.25
					TFe 80.46 mFe 94.15 TFe 77.77 mFe 97.28 TFe 65.71 mFe 95.13
白 云 西 矿	白 云 石 型	31.28	23.15	74.01	65.54
	云 母 闪 石 型	32.48	24.15	74.35	65.73
张 行 庄		21.56	10.99	50.97	62.25
小 韩 庄		25.97	18.42	70.93	66.00
经 山 寺		23.96	14.80	61.77	68.12
罗 河		32.10		56.26	68.10
赵 村		29.37	19.90	67.76	TFe 67.76 mFe 65.85
					TFe 64.11 mFe 91.78

①选厂实际生产统计,②强磁选

(表9)。一般选矿回收率大于磁性铁占有率,磁性铁的回收率皆大于90%。若磁性铁矿物粒度过细而影响选矿回收率时,则与占有率无关,对此应另行研究解决。

以往,为了测定磁性率,在基本分析中都化验FeO,并按单样计算磁性率。当圈定矿石工业类型时,产生在“原生矿”中出现“氧化矿”

夹层,在“氧化矿”中出现“原生矿”小扁豆体,造成相邻剖面互不对应现象,因此,无必要在基本分析中逐个分析FeO。我们认为,在已做磁性铁占有率的测定基础上,只在初步确定的“氧化矿”与“原生矿”界线上下做磁性铁的基本分析,其他按矿石的自然类型做组合分析即可,以其磁性铁占有率圈定并计算工业类型的矿石储量。

2.选矿试验对评价铁矿是非常重要的,这在《铁矿地质勘探规范》(试行)已作了规定。过去,虽然很多矿床都按规范要求做了选矿试验,但往往深度不够。笔者认为,不仅要对原矿的物相组成,伴生的有益、有害组分进行考察,而且还应对精矿、尾矿的物相组成及有益、有害组分的去向进行考察,分别平衡各自的去向,计算铁的物相成分及有益组分进入精矿情况和在冶炼加工过程中有用元素(金属)的选矿回收率,并指出易于污染环境的有害组分的去向。尽管是实验

室的可选性试验亦应提出这些资料,以便在进行详勘时注意加强研究。

本文引用了有关单位的部分地质勘探报告及选矿试验报告资料,在此致以谢意!

主要参考文献

- [1] 南京大学地质系岩矿教研室:《结晶学与矿物学》,北京,地质出版社,1978年
- [2] 陈光远等:矿物岩石,1984,第4卷,第2期
- [3] 赵秀德等:地质与勘探,1973,第5期

国际第8届粘土学术会议在美国召开

1985年7月28日至8月2日,在美国科罗拉多州的丹佛城召开了国际第8届粘土学术会议。出席会议的代表来自37个国家共469名,我国被邀请参加会议的有地矿部、科学院及冶金部系统的5名代表。这是我国第二次参加国际粘土学术会议。上届是1981年在意大利召开的。本届会议的筹备委员会由美国粘土协会等单位的11人组成, J·B·Hayes 博士任主席。会议经过长时间的准备,内容丰富,形式新颖。会议收到的论文并经挑选编入《国际第8届粘土学术会议论文摘要汇编》的共273篇。这些论文在会议期间有的进行了大会宣讲,有的在小组会上宣读,有的在展览厅展览,有的进行了个别交换。内容涉及到粘土

矿物结构,粘土地质、土壤、化学,粘土应用及测试方法等各个方面。

会议代表对世界著名粘土矿物学家G·W·Brindley 病逝(1984年)表示了默哀。会议对历届国际粘土协会主席颁发了奖章,还对一些优秀论文作者发给了奖金,其中两名青年(全为美籍华人)的博士论文受到与会者的注意。

会议还组织了会前及会后的多条地质路线地质旅行,参观访问了美国的一些矿山、地质单位及研究机构,观察了一些特殊地质现象,使代表们收获很大。

会议还决定了国际第9届粘土学术会议将于1989年在法国举行。

【刘长龄、莫松年】