

提高铁矿资源利用程度的若干问题

左澍民

建国以来,我国铁矿地质勘探工作取得了巨大成就,目前无论是铁矿资源的数量还是开采规模,都居世界的前列。

我国铁矿资源最显著的特点是贫矿多,部分铁矿石组份复杂,采、选技术条件复杂,形成许多“呆矿”。初步统计,已生产矿山占有的储量仅占全国总储量的1/4强,占全国已探明工业储量(C级以上)的近1/2,大量的铁矿资源未能有效利用,使已投入的巨额勘探资金发挥不了效益。而从全国重点钢铁企业原料基地长远规划来看,除部分钢铁企业后备资源较充裕外,尚有相当一部分企业后备原料基地不足,一些中小钢铁企业也程度不同地存在类似的状况。从我国四化建设长远目标着想,为使我国钢铁工业有一个稳步的持续发展,从我国现有铁矿资源现状出发,针对铁矿资源特点,研究铁矿资源合理利用,提高我国现有铁矿资源利用程度,已成为我国钢铁工业发展急待解决的研究课题。

我国铁矿资源利用现状

我国铁矿资源类型繁多,目前开采利用较多的是沉积变质型、接触交代型、岩浆钨钛磁铁矿型及陆相火山岩型铁矿。这四种类型的铁矿开采量约占全国总开采量的90%以上。

我国已勘探的主要铁矿资源,按其开发利用条件分类见表1。

我国主要铁矿资源按开采条件分类表 表1

开采建设条件	所占储量比例(%)	备 注
已生产矿山	28	不包括地、县小矿山
可供近期建设的	12	包括在建、缓建矿山
难采、难选的	30	
交通不便的	9	
水文条件复杂的	6	
小而分散的	15	

据已生产的重点矿山统计,各主要类型铁矿

的利用情况见表2。

主要类型铁矿利用情况表 表2

矿床类型	占全国总开采量的百分比	占本类型铁矿储量的百分比	占全国总储量的百分比
沉积变质型	44.9	60	17.1
接触交代型	14.1	30	1.75
陆相火山岩型	6.7	39	1.40
岩浆钨钛磁铁矿型	1.3	10	1.0

从表1、表2可以看出,我国现有主要铁矿资源中,近60%未能利用,沉积变质型为我国开采利用的主要类型,但也有近40%的储量未能利用,其他各类型铁矿利用程度更低。由此可见,提高我国铁矿资源的利用程度,确是铁矿勘探和开发中的重要研究课题,已愈来愈引起人们的重视。

提高铁矿资源利用程度

若干问题的讨论

我国铁矿资源数量多,可综合利用的组份多,如能充分利用本国的铁矿资源,不仅可以促进我国钢铁工业的发展,而且可以回收许多有价值的伴生元素,一举数得。我们这样大的国家,要使钢铁工业取得稳步持续发展,只有立足于本国资源,进口铁矿石,只能是权宜之计和作少量补充之用。

(一) 贫铁矿的利用问题

矿产资源是不能再生的一次资源。随着工业的发展,开采量的增大,矿产资源会愈来愈少,矿石品位也将逐渐降低。我国贫铁矿资源能不能利用?这是人们所关心的。作者认为,我国贫铁矿资源的开发利用,不仅是一个现实问题,而且是历史的必然,并且可以获得经济效益。

1. 开发贫铁矿资源是世界主要产钢国家的发展趋势。目前世界上除巴西、澳大利亚有特大型

世界主要铁矿产国矿石品位表

表 3

国 名	探明储量的 矿石品位 (%)	主 要 矿 石 类 型
苏 联	38	含铁石英岩、火山岩型、岩浆型、夕卡岩型
巴 西 *	35 ~ 67	含铁石英岩
印 度	55 ~ 67	含铁石英岩
加 拿 大 *	30	含铁石英岩、火山岩型、夕卡岩型
澳大利亚	50 ~ 67	含铁石英岩
美 国	31	含铁石英岩、沉积型、夕卡岩型
法 国	25 ~ 52	沉积型
英 国	28	沉积型
西 德	28	沉积型
瑞 典	33 ~ 67	火山岩型
南 非	35 ~ 67	含铁石英岩

• 未计算贫矿储量的品位

富铁矿资源外,其他国家的铁矿资源有富有贫,有的国家与我国类似,均以贫铁矿为主(表3)。随着采矿工业和钢铁工业的发展,富矿逐渐减少,开采品位逐步下降,入选矿石渐次增多。如在五十年代,美国的入选矿石只占64.3%,加拿大占47%;进入七十年代后,美国入选矿石已高达92.6%,加拿大达到75%,苏联达到82%,并且大力发展球团矿。从五十年代到七十年代,各国开采品位也有较大幅度下降(表4)。

当前各主要产钢国,尽管有少数国家铁矿资源丰富,但是由于地区分布上的需要,也大力开

几个主要铁矿石生产国开采品位(%)变化表 表4

	苏联	美国	加拿大	法国
五十年代	52	49.5	54	33.5
七十年代	37.3	34	40	32

采贫矿;如美国从五十年代开始开采明尼苏达州默萨比地区的铁燧岩,由于采矿量大,时间长,到六十年代开采品位就大幅度下降,铁的最低开采品位只有20%,年产量达4000万吨以上,到1978年,该地区球团矿产量就达到6500万吨/年;苏联、加拿大也都在开发利用贫铁矿(表5)。

国外贫铁矿开采实例表

表 5

国 名	地 区	矿床类型	开采品位 (TFe, %)	备 注
苏 联	克里沃罗格铁矿区	沉积变质型	25 ~ 29	该品位为最低工业品位,设计规模2000万吨/年 含 V_2O_5 0.12%, TiO_2 1.5%, 年产4000万吨
	哈萨克斯坦的霍尔宗铁矿	火山岩型	19	
	滨亚速海铁矿区	沉积变质型	22 ~ 26.3	
	乌克兰卡奇卡纳尔铁矿	岩浆型	16.5 ~ 17	
美 国	默萨比地区	铁燧岩	20	
	阿拉斯加库鲁库纳铁矿	岩浆型	12.8	
加拿大	魁北克希尔顿铁矿	接触交代型	17	
芬 兰	木斯塔瓦拉铁矿	岩浆型	17.26	

上表仅是不完全的统计,从中可见,开发贫铁矿资源已是资源开采的发展趋势。

2. 从八十年代世界铁矿石市场供求关系看利

用本国资源的紧迫性。根据对世界钢铁生产的分析,六十年代世界钢产量平均年增长率为4.1%,七十年代为2.7%。若按低增长率估算,八十年代

初世界铁矿石市场供需基本平衡,1983年以后,铁矿石供应将出现短缺(表6)。即使在这段时间有少量新建、扩建生产能力,到1985年,世界铁矿石将短缺4160万长吨;整个八十年代末期,世

界铁矿石市场都处于供不应求的状态。这是因为一些主要铁矿石出口国(巴西、澳大利亚)的采矿公司,如果没有可靠的买矿商投资和可靠的贸易合同,是不会轻易扩大铁矿生产能力的。

1981~1988年世界铁矿石供需情况预测表(百万长吨) 表6

年 份	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
铁矿出口能力	381.1	396.8	405.7	417.2	432.0	450.0	469.3	499.6
铁矿石进口需求量	370.2	397.6	415.8	447.2	473.6	468.3	521.7	544.2
供需平衡	+10.9	-0.8	-10.1	-30.0	-41.6	-18.3	-52.4	-44.6

我国从1960年至1979年钢产量平均年增长率为3.3%,1979年至1980年我国每年从澳大利亚和朝鲜进口铁矿数百万吨。根据我国目前钢铁生产水平,自产精矿和进口矿基本上可以用完。今后若干年内,即使现有各大钢铁企业不增加生产能力,1985年宝钢投产后,年需几百万吨铁矿石就将成为缺口;如果这段时间各主要钢铁企业产量增加,矿石短缺数量将进一步加剧。而那时正值世界铁矿石市场处于供不应求的紧张局面,即使能买到矿,在经济上也将对我 不利。除此之外,若目前矿山生产能力得不到补充(新建或扩建),再过若干年,不少钢铁企业现有矿山生产能力将逐步消失,矿石产量不再能维持现有生产水平。由此可见,从我国钢铁生产实际需要出发,开发我国铁矿资源已迫在眉急。

我国在贫铁矿资源利用方面已做了大量研究工作,并已取得可喜的进展。有的已进行开发。这里仅举几例,以见一斑。

例一:Ⅱ矿区(见表9)为一接触交代型(有人认为是高温热液型)铁矿,矿石为含铌高磷碳酸盐磁铁矿,组成矿物以方解石、磁铁矿为主,次有含铁硅酸盐、微量硫化物、少量磷灰石及铌铁矿。矿石含TFe20.0%、P₂O₅0.8%、Nb₂O₅0.02~0.03%。1978年采取试样含TFe17.2%进行选矿试验,采用磁选法,进行一次粗选一次精选,就可获得含TFe64~68%的铁精矿,P₂O₅24.07%的磷精矿,尾矿中方解石纯度达85~90%,可作为水泥原料。

例二:Ⅰ矿区(见表9)为基性—超基性岩体含钛磁铁矿,矿床储量大,品位低,现将其中一、四号矿体化学成份列于表7。

表7

矿体号	TFe	SFe	FeO	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P	Cu	Co
1*	16.10	12.16	9.10	5.46	37.30	7.62	13.00	11.08	0.023	0.028	0.021	0.01
4*	16.21	12.18	9.10	6.02	35.11	8.23	15.34	13.07	0.14	0.181	0.025	0.01

经选矿试验,结果见表8。

表8

矿体号	TFe	SFe	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P
1*精矿	53.90	53.06	10.86	6.90	4.16	5.54	1.064	0.017	0.027
4*精矿	54.67	53.61	6.79						

SFe回收率达73.36%,选矿比5.85吨/吨。选矿试验结果虽不算很好,但该矿最大优点,剥离系数只有0.4吨/吨,而精矿碱度为0.72(CaO/SiO₂),属半自熔性矿石。经设计院有关同志计算,开采

该矿床经济上是合算的。计算成果见表9。

例三:1981年,冶金系统有关设计研究院,在对我国贫铁矿工业指标试算工作中,通过计算比较后认为:河北某地区贫磁铁矿按SFe 15%,

圈定矿体。辽宁的一个矿区采用边界品位TFe 20%、江苏某地区易选磁铁矿采用边界品位TFe >15%、四川某地区采用边界品位TFe 20%分别圈定矿体，都能获得合格精矿和得到经济收益（表9）。

从上例可以看出，贫铁矿资源的开发在很大程度上取决于选矿效果，而从表9可知，目前国

内贫铁矿资源的开发，在技术上、经济上都是可行的。若与进口矿石比较，开发国内资源比进口矿石在经济上更趋合理。例如进口矿石到某钢铁厂，每吨矿石综合平均达115.9元，如按近年来国际市场矿石价格以20~25%的趋势上涨，开发国内资源更对我有利。

贫铁矿开采研究实例表

表9

矿山名称	矿石类型	原矿品位 (%)	精矿品位 (%)	采矿成本 (元/吨)	精矿成本 (元/吨)	炼铁成本 (元/吨)
I 矿区	钛磁铁矿	17.09	51.23	3.98	41.05	136.16
II 矿区	高磷碳酸盐磁铁矿	17.2	64	—	—	210 (露采) 250 (坑采)
III 矿区	贫磁铁矿	24.34	65	1.82	—	127.27
IV 矿区	贫磁铁矿	24.82	68.5	4.745	34.19	—
V 矿区	贫磁铁矿	20.32	63	—	42.37	150.11
VI 矿区	贫磁铁矿	16.95	59.30	—	51.40	178.78
VII 矿区	钒钛磁铁矿	19.0	53.0	5.06	59.14	223.52
VIII 矿区	" "	19.0	56.0	5.06	54.91	207.77
IX 矿区	" "	19.0	50.0	5.06	55.97	231.25
X 矿区	" "	19.0	50.5	5.06	58.08	227.44

(二) 值得研究的几个问题

1. 铁矿资源勘探的方针 我国铁矿资源大量“呆矿”积压的原因是多方面的，这里有政策方面的原因，也有地质勘探自身的原因，例如盲目追求储量，对矿石质量、加工技术特性、开采技术条件研究不够；一些矿区在普查之后，未经认真研究其开采价值就转入详细勘探；勘探面铺得过大，等等。当然，还有工作体制上的原因。

根据我国现有铁矿资源分布和已建设的钢铁工业布局，今后铁矿的勘探重点，应以继续提高老矿区的勘探程度和研究程度为主，扩大老矿区的储量。对于新区，特别是交通不便的地区，应以普查为重点，不应轻易转入勘探。新矿区（床）的详细工作，应在国家经济建设的统一规划下，根据建设的需要提前2~3年进行为宜，以提高地质工作的经济效益，避免勘探资金长期积压。

2. 综合利用研究 综合利用已愈来愈引起各国的重视，苏联对各类型铁矿都不同程度地做到综合利用，大大降低了矿石生产成本，促进了贫

矿的开发；美国在1979至1983年的矿产开发利用的研究项目中，综合利用矿产资源的研究项目占有重要位置，包括伴生组份和尾矿的利用。我国铁矿资源中占总储量47%的铁矿资源含有一种或多种伴生组份可供综合利用；实际上，单一组份的矿床是极少的。近几年来，多组份矿石的综合利用已取得很大进展，过去曾认为是难选的矿石，也已取得重大突破。如从钒钛磁铁矿中综合利用钒、钛、铬、钴和铂族金属；白云鄂博铁矿综合利用稀土、铈；陆相火山岩铁矿中综合利用钒、磷；接触交代型铁矿中综合利用铜、钴、硫等。但是，也要看到，我国铁矿资源勘探，由于各时期要求不同以及分析技术上、研究程度上等原因，现有不少矿床存在伴生组份赋存状态不清，对开发利用研究带来困难，无法评价；此外，长期以来一些生产部门受“单打一”经营思想的影响，重主轻副，特别是一些需跨部门销售的副产，更是无人过问。为了做好综合利用工作，有必要对一些重要矿区、重点的矿石类型补做一定的研究工

作,以提高综合利用的研究程度;同时要研究综合利用中的分析技术、提取方法、经济政策、管理体制、产品销售渠道等问题。我国铁矿资源利用的程度能否提高,在很大程度上还取决于综合利用的程度。

3. 开发矿产资源的经济政策研究 世界上采掘工业发达的国家,都非常重视矿产资源开发的经济政策研究,制订鼓励和保护矿产资源开发的经济政策或条例。我国目前铁矿资源开发中,也

存在一些经济政策问题有待进一步研究,如矿石价格、矿山建设投资返本年限、基准收益率、折旧期和折旧率……,这些与资源开发密切相关的经济政策,都要根据我国资源特点,一一加以研究,制订出有利于资源开发的适宜的经济政策。

综上所述,我国铁矿资源利用程度的研究确是关系我国钢铁工业发展的现实问题。有许多问题急待解决,要有计划、有步骤逐一加以研究,使铁矿资源利用程度大大提高一步。

(上接第29页)

会引起另一个误差,根据Formery (1954), 这个误差是:

$$\sigma_{\text{SUP}}^2 = \frac{S^2}{\bar{x}^2} \times \frac{\sigma^2}{S^2} \quad (\text{h})$$

其中: S^2 = 锰—累积量的方差; $\bar{x}$ = 平均的锰—累

$$\text{积量}; \sigma_{\text{SUP}}^2 = \frac{365.00^2}{408.01^2} \times 0.002 = 0.0016;$$

$$\sigma_{\text{SUP}} = 4.12\%。$$

(4) 锰—累积量的总估算误差: 锰—累积量的总估算误差的计算公式为

$$\frac{\sigma_i^2}{\bar{x}^2} = \frac{\sigma^2}{\bar{x}^2} + \sigma_{\text{SUP}}^2 \quad (\text{i})$$

$$\frac{\sigma_i^2}{\bar{x}^2} = \frac{2099.31}{408.01^2} + 0.0016 = 0.014$$

$$\frac{\sigma_i}{\bar{x}} = 0.119$$

(5) 对金属含量的估算误差: 如果已知金属含量的估算误差, 该矿床总金属量的估算精度也就已知了。用下列公式计算金属含量的估算误差:

$$\frac{\sigma^2}{Q^2} = \frac{\sigma_i^2}{\bar{x}^2} + \frac{\sigma^2}{S^2} \quad (\text{j})$$

勘

误

$$\frac{\sigma^2}{Q^2} = 0.014 + 0.002 = 0.016$$

$$\frac{\sigma}{Q} = 0.1265$$

金属含量的估算误差是12.65%。

结 语

一个矿床的特征常常是用一些参数表示的, 研究地质统计学方法就是为了研究这些参数间的相关关系。这种方法不仅可说明相关关系, 还可有助于判断各估算阶段和整体估算的估算误差

这个简单例子只能对地质统计学作些介绍, 不能说明这个方法的全部优点。这里所列举的计算还只是在投资分析, 选择开采和采区分配 (对多于一种矿物的情况) 等方面的初步工作。

需要对此作更多更详细的了解可以参考许多有关地质统计学方法、克立格法以及它们的用途等方面的书籍和刊物。

(吴 明译)

本刊1982年第11期41页倒数第1行, 下转第24页, 应为第26页; 第26页第1行, 上接第35页, 应为第41页。