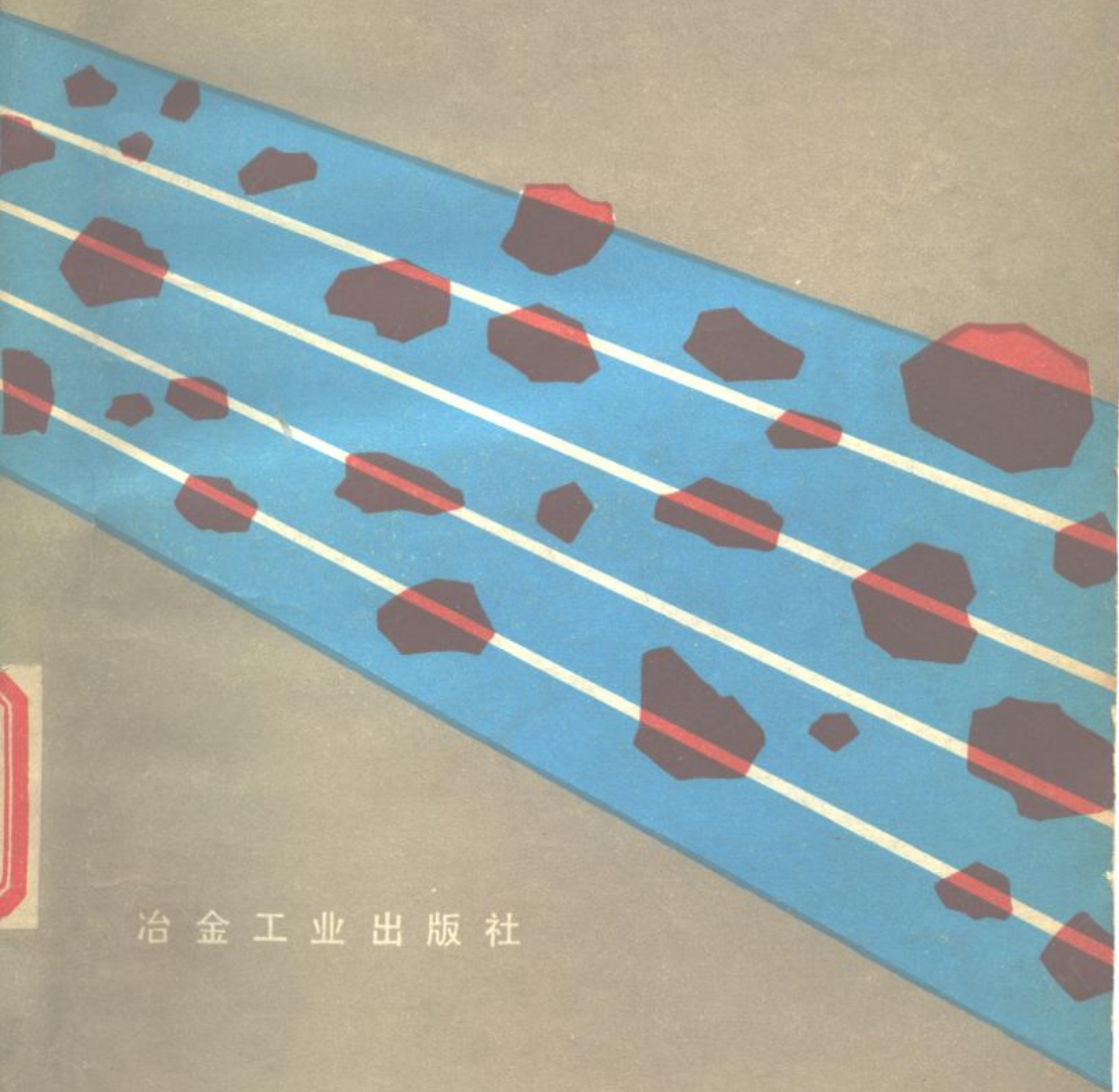


铁矿石选矿



冶金工业出版社

76.212
702

铁矿石选矿

[苏] П.Е.奥斯塔平科 著

宋凯铭 等译

zk553/06

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书是根据苏联1978年出版的И.Е.奥斯塔平科著的《铁矿石选矿》一书翻译的。

书中介绍了苏联及其他国家有关铁矿石选矿的工艺资料；提出了有充分根据的最佳选矿深度并确定了矿石的冶炼价值；阐述了各种矿物解离和分选以及铁矿石选矿过程的主要规律。书中还列举了各选矿厂的技术经济分析和铁矿石选矿工艺的主要发展方向。

本书供采选企业、科研和设计单位的工程技术人员参考，对高等院校和中专选矿专业师生也是有益的。

本书1~3章由宋凯铭同志译；4~6章由万起同志译；7~8章由王化仁同志译；9~12章由原庆久同志译。全书由万起和宋凯铭同志校对。

铁 矿 石 选 矿

〔苏〕И.Е.奥斯塔平科 著

宋 凯 铭 等 译

冶金工业出版社出版

（北京灯市口74号）

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 9 字数 236 千字

1981年10月第一版 1981年10月第一次印刷

印数 00,001~1,600 册

统一书号：15062·3692 定价1.15元

引 言

现代世界黑色金属生产实践的发展特点，一方面是生铁产量不断提高，因而铁矿石的需要量不断增长；另一方面是开采的矿石平均铁品位在降低。由于掌握了贫铁矿石的深选工艺（这种深选可保证生产出比富矿质量较高的铁精矿），因而广泛的开采贫铁矿矿床就成为可能。

1976~1980年苏联国民经济发展的基本方针规定，进一步提高商品矿石的铁品位，主要是依靠扩大磁铁矿石的选矿和提高从磁铁矿石选出的精矿铁品位。此外，还规定在工业上掌握氧化铁矿石的较经济的选矿方法，因为氧化铁矿和褐铁矿是继续发展国家铁矿石基地的最大的潜在来源。为了提高地下矿产中有用矿物的回收率、保证较充分地处理和综合地处理矿物原料、以及减少尾矿量和最大限度地利用尾矿，拟定推广新的有效选矿方法和工艺流程。此外，还拟定减少尾矿对周围环境的有害影响。

在矿山工业中大量地选别磁铁矿石和赤铁矿石，少量地选别褐铁矿石和菱铁矿石。

据作者估计，就苏联和其他国家选矿厂的选矿量而言，各种类型铁矿石所占的比重分布如下：磁铁矿——57%；磁铁-赤铁矿——13%；赤铁矿——23%；褐铁矿——4%和菱铁矿——3%。

处理磁铁矿石的主要选矿企业是在苏联、美国、加拿大和瑞典。选矿对这些企业有广泛的吸引力是因为处理磁铁矿石的方法简便，并且质量指标和技术经济指标都比较高。现代选矿工艺的状况可以从贫磁铁矿石中获得极高质量的精矿，直到纯净的氧化铁为止。根据研究矿石的准备和冶金处理的工业试验结果，认为精矿铁品位65~67%是最佳铁品位，因此在克里沃罗格矿区各采选公司和苏联其它许多采选公司中加以推广^[46,47]。即使是在其他国家的选矿厂中也采用这样的精矿铁品位。

用螺旋选矿法作为主要选矿过程的简单的重选流程仅能大规模地选别呈粗粒嵌布存在的变种赤铁矿。只有苏联用焙烧磁选流程选别微细粒嵌布的赤铁矿石；在美国则用浮选流程选别。

其它类型铁矿石的选矿规模约占矿石总处理量的20%。同时褐铁矿石和菱铁矿石的选矿量由于选出的精矿质量低而不断减少。以天然富矿和选别其它类型铁矿石获得的优质精矿来取代这种矿石。

各采选企业处理原矿的单位生产能力已超过4000万吨并且还在继续增长。各铁矿选矿厂实际上应用了所有已知的选矿流程，按照工艺流程的复杂性这些选矿厂是最发达的选矿企业。

选别铁矿石积累起来的科研资料和有价值的实际经验可以成功地用于进一步改进铁矿石选矿厂的工作。

本书试图综合比较选别各种类型铁矿石的技术特点和工艺特点，这对作者来说也是有益的，因为可以较全面地评价许多流程和破碎、磨矿、选矿与脱水设备的使用效率。书中全面地阐明了各种铁矿石相比较的工艺特点。首先在矿石的工艺评价和冶金评价、磨矿和单体分离、以及金属矿物和非金属矿物的分选方面进行了新的理论研究和技术经济研究。

目 录

引言	V
----------	---

第一篇 铁矿石选矿的工艺参数和基本规律

第一章 铁矿石的分类	1
第一节 铁矿石的术语、符号和矿物组成	1
第二节 铁矿中金属矿物和非金属矿物的嵌布粒度参数	5
第三节 铁矿石的最佳选矿深度	13
第四节 金属矿物铁的概念	20
第五节 铁矿石的冶金价值	25
第二章 铁矿石单体分离的规律性	35
第一节 矿石单体分离度的定义	35
第二节 铁矿石的磨矿规律性	43
第三节 浸染性铁矿石磨矿时的单体分离	55
第三章 铁矿石中金属矿物和非金属矿物分选的规律性	62
第一节 概论	62
第二节 磁选动力学	63
第三节 金属矿物和非金属矿物浮选和重选的规律性	70
第四节 铁矿石选矿的阶段性	73

第二篇 苏联和其他国家铁矿石选矿工艺

第四章 苏联磁铁矿石的选矿	78
第一节 矿石的工艺特性	78
第二节 矿石破碎	86
第三节 选矿	94
第四节 选矿产品的特性	113
第五章 苏联砂卡岩型磁铁矿石的选矿	115

第一节	矿石的工艺特性	115
第二节	矽卡岩型磁铁矿石的破碎和干式磁选	119
第三节	湿式磁选	126
第四节	选矿产品的特性	135
第六章	苏联镁磁铁矿石和钛磁铁矿石的选矿	137
第一节	矿石的工艺特性	137
第二节	矿石的破碎和干式磁选	139
第三节	选矿	142
第四节	选矿产品的特性	148
第七章	其他国家磁铁矿石的选矿	150
第一节	矿石基地	150
第二节	矿石破碎	152
第三节	选矿	158
第四节	选矿产品的特性	178
第八章	赤铁-磁铁矿石和赤铁矿石的选矿	179
第一节	矿石基地和工艺特性	179
第二节	苏联的赤铁-磁铁矿石的选矿	185
第三节	其他国家赤铁-磁铁矿石的选矿	190
第四节	苏联和其他国家赤铁矿石的选矿	196
第五节	赤铁-磁铁矿石和赤铁矿石选矿产品的特性	207
第九章	褐铁矿石的选矿	208
第一节	矿石基地和矿石的工艺特性	208
第二节	苏联褐铁矿石的选矿	212
第三节	其他国家褐铁矿石的选矿	221
第十章	菱铁矿石的选矿	227
第一节	矿石基地和矿石的工艺特性	227
第二节	苏联菱铁矿石的选矿	230
第三节	其他国家菱铁矿石的选矿	231
第四节	精矿的化学组成	237
第十一章	复合铁矿石的选矿	238
第一节	复合铁矿石的工艺特性	238
第二节	复合矿石的选矿	240

第十二章 铁矿石选矿工艺的技术经济分析	245
第一节 矿石的破碎	245
第二节 磨矿	252
第三节 选矿过程和流程	261
第四节 选别铁矿石的经济效果	271
参考文献	273

第一篇 铁矿石选矿的工艺参数 和基本规律

第一章 铁矿石的分类

第一节 铁矿石的术语、符号和矿物组成

目前还没有含铁硅质岩石和其它含铁岩石与贫铁矿的变质相当的统一国际术语。因此在许多国家中用各种不同的术语来表示同样的岩石；反之，对各种不同的含铁岩石却使用相同的术语。苏联用的术语与其他国家用的术语有很大差别。

有鉴于此，最好是分析一下苏联和其他国家研究矿石的物质组成和可选性时使用的常用术语[3,13,40]。

在美国和加拿大、澳大利亚和南美对于沉积成因的条带状含铁硅质岩石使用了历史上形成的术语“含铁层系”(ironformation)。术语“碧玉铁质岩”(jaspilite)最初用来表示苏必利尔湖含铁层系的氧化相，其中的二氧化硅是碧玉。在美国地质学会的辞典中碧玉铁质岩按照“主要由碧玉和氧化铁交互层组成的岩石”而下的定义。

术语“含铁角石”与术语“碧玉铁质岩”不同，用来表示含有细粒石英-角石的硅酸盐型含铁硅质宽条带状岩石。许多国家的专家认为“含铁碧玉”是含铁角石的同义词。

铁英岩——巴西的术语，广泛地用于南美、西非和其他一些地方，这些地方的含铁层系的氧化相变质达到在岩石中个别晶体可以用肉眼分辨的程度。

Н.П.谢米年科院士认为铁英岩本身是粗粒岩石变质的碧玉铁质岩。

铁燧岩——是除了石英和氧化铁外还含有硅酸盐和碳酸盐的

变质很深的粗粒岩石（与铁英岩不同），是硅酸盐型含铁石英岩的同义词（按照H.П.谢米年科的意见）。同时按照许多美国和加拿大地质工作者的意见，铁燧岩和铁英岩是同义术语^[13]。

“带状赤铁石英岩”——印度、澳大利亚和其它国家广泛用来表示含铁层系中的氧化相。带状赤铁石英岩的部分物料经受了巨大的变质作用，相当于铁英岩；其它部分相当于苏必利尔湖地区的碧玉铁质岩。

“含铁石英岩”在苏联是指具有带状结构的，非金属矿石部分由石英组成的贫质含铁岩石。

“含铁石英岩”（ferruginous quartzite）在其他国家用于表示碎屑成因的岩石，尽管它们的化学组成和含铁层系的岩石相同。

铁矿石中主要金属矿物、非金属矿物和伴生矿物的特性列于表1-1。

就大多数金属矿物而言，贫铁矿石可分为磁铁矿、赤铁矿、菱铁矿、含水氧化矿和硅酸盐矿。

原生矿物经受了相应的地质变化（变质、氧化等等），结果形成了呈连续层系而存在的次生矿物，例如：磁铁矿-赤铁矿，菱铁矿-氢氧化物，等等。把矿石分成各种类型是按标准规定的，仅仅说明该种类型矿石中某种矿物占压倒的优势。较详细的分类可根据矿石的矿物组成来进行，根据每种类型矿石的矿物组成可分成许多主要变种（表1-2）。

可以用矿石中工业铁矿物的含量作为把矿石分成矿物学上各种变种的准则，属于工业铁矿物的有磁铁矿、赤铁矿（假像赤铁矿）、菱铁矿（镁菱铁矿、菱镁铁矿）、氢氧化铁和硅酸盐铁矿物等。

在上述情况下，各种铁矿石的类型均称为工业铁矿物，与工业铁矿物相结合的铁量在这种类型矿石中占多数。铁矿石种类名称中的其它铁矿物的含量应当考虑以词冠的形式加在主要名称之上。在地质矿物学术语中采用的词冠的顺序应当反映出矿石中这些矿物含量的递增。显然，为了使术语简单起见，组成变种名称

表 1-1 铁矿石的主要金属矿物、非金属矿物和伴生矿物

矿 物	符 号	化 学 式	Fe ₂ O ₃ 和其 它组分的含 量, %	比重, 克/厘米 ³	莫氏硬度	比磁化系 数, 10 ⁻⁶ 克/厘米 ³
赤铁矿	Гм	Fe ₂ O ₃	70	5.0~5.2	5.5~6.0	250~50
针铁矿	Гт	FeOOH	62.9	4.0~4.4	4.5~5.5	200~25
水赤铁矿	Гл	Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O, n<1	64~69	4.5~5.3	4.5~6.5	200~50
纤铁矿	Лл	FeOOH	62.9	4.1	4.0	—
褐铁矿	Лм	Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O, n>1	60	3.3~4.0	1~4.0	200~25
磁性赤铁矿	Мг	Fe ₂ O ₃	70	4.9~5.3	5~6.5	25000~1000
磁铁矿	Мт	FeO·Fe ₂ O ₃	72.4	4.9~5.2	5.5~6	50000~25000
镁磁铁矿	Мм	(FeMg)·OFe ₂ O ₃	MgO—7	4~4.8	3~5	10000
黑磁铁锰矿	Як	(Fe, Mn)·OFe ₂ O ₃	其性质与磁铁矿相似			
假象赤铁矿	Мр	Fe ₂ O ₃	70	4~5	4~6	10000~200
菱铁矿	Сл	FeCO ₃	48.3	3.9	3.5~4.5	150~35
钛磁铁矿	Тм	FeO·Fe ₂ O ₃ +FeO·TiO ₂	—	—	6	—
硅酸盐	Сл		27~38	3.0~3.5	3~4	25
磷灰石	Ап	Ca(PO ₄)FeCa	—	3.5	3.5	3
石膏	Гп	CaSO ₄ ·2H ₂ O	CaO—32.5			
			SO ₃ —46.5	2.3~2.4	1.5~2.0	4.3
白云石	Дл	(Ca, Mg)CO ₃	CaO—30.4	2.8~2.9	3.5~3.4	0.9
			MgO—21.7			
			CaO—47.8			
高岭土	Кл	Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O	Al ₂ O ₃ —	—	—	—
			39.5			
			SiO ₂ —46.5			
			H ₂ O—14.0			
方解石	Ка	CaCO ₃	CaO—56.0	2.6~2.8	3	2.7
			CO ₂ —44.0			
石英	Ку	SiO ₂	Si—46.67	2.65	7	10
辉石	Пс	复杂的偏硅酸盐	—	2.8~3.7	4.5~7.0	—
闪石	Ам	Fe ₂ Al[Si ₃ AlO ₁₀]	—			
		[OH] ₂ ·nH ₂ O				
长石	Ллн	铝代硅酸盐同形混合物	SiO ₂ —	2.54~	6~6.5	—
			68.8—43.2			
			Al ₂ O ₃ —	3.54		
			18.4~36.7			

续表 1-1

矿 物	符 号	化 学 式	Fe ₂ O ₃ 和其 它组分的含 量, %	比重, 克/厘米 ³	莫氏硬度	比磁化系 数, 10 ⁻⁶ 克/厘米 ³
长 石	III _{II}	铝代硅酸盐同形混合物	Na ₂ O— 11.6 K ₂ O—16.9 CaO—20.1			
钛铁矿	Ил	FeTiO ₃	—	4.5~5.0	5.6	800
黄铁矿	Пт	FeS ₂	—	5.0	6.0	3~40
黄铜矿	Хт	CuFeS ₂	—	4.6	6.0	5.0
磁黄铁矿	Пн	Fe _{1-x} S	—	4.5	4.0	4500
绿帘石	Эт	Ca(Al·OH)·(Al·Fe) ₂ (Si ₂ O ₄) ₃	—	3.25	6~7	23.9
绿泥石	Хл	复杂的水成铝代硅酸盐	—	2.6~3.4	1.5~3.0	—
石榴石	Гр	3(Ca, Mg, Fe, Mn)X X(Al, Fe, Cr, Ti) ₂ 3SiO ₂	—	3.4~4.3	6.5~7.5	63

表 1-2 铁矿石按矿物组成的分类

矿 石 类 型	亚 类	主 要 变 种
磁铁矿型	磁铁矿石岩 磁铁砂卡岩 镁磁铁矿(磁铁矿) 钛磁铁矿	赤铁矿(Гм), 假像赤铁矿(Мр), 褐铁矿(Лм), 菱铁矿(Сл), 硅酸盐(Сл) 闪石(Ам), 方柱石(Ск), 绿帘石(Эт), 绿泥石(Хл), 辉石(Пс), 花岗岩(Гр), 方解石(Ка) 镁橄榄石, 磷灰石(Ап), 方解石(Ка), 深绿磷灰石 辉石(Пс), 钛铁矿(Ил), 异剥橄榄岩, 砂矿
赤铁矿型	纯赤铁矿	云母, 褐铁矿(Лм), 磁铁矿(Мт), 菱铁矿(Сл), 镜铁矿, 铁英岩
褐铁矿型	假像赤铁矿 鲕状褐铁矿 砾岩褐铁矿 赭褐铁矿	赤铁矿(Гм), 磁铁矿(Мт), 菱铁矿(Сл) 褐菱铁矿(Сл) 绿针石, 烟状褐铁矿, 泥质褐铁矿 泥质褐铁矿, 赭石化褐铁矿, 粉状褐铁矿
菱铁矿型	真菱铁矿	黄铁矿, 鲕状菱铁矿, 硅质菱铁矿, 磁铁菱铁矿 菱铁矿
硅酸盐型	镁菱铁矿 鲕绿泥石 磷绿泥石	菱铁矿, 鲕状变种 磁铁矿, 菱铁矿

的各种矿物的含量应当限于一定的数量。该数量按照地质矿物学工作的实际活动，根据一次近似法可取大于与代表性矿物结合的相对铁量的10%。例如，含30% 磁铁矿 (M_T)、15% 赤铁矿 (Γ_T)、10% 含铁硅酸盐和2% 菱铁矿 (C_{Π}) 的矿石应当属于赤铁-磁铁矿变种。

根据化合物的相似性，铁矿的矿物组成对一定类型的矿石及其变种来说，金属矿物和非金属矿物按照特有的比例呈物理连生体或机械混合物的形式而存在。此时在用符号表示金属矿物、非金属矿物和伴生矿物时，各种矿物的含量以数字指数来表示。铁矿的各种矿物的符号列于表1-1。

第二节 铁矿中金属矿物和非金属矿物的嵌布粒度参数

金属矿物和非金属矿物的嵌布粒度是铁矿石工艺的主要特点之一。在矿石的处理过程中，金属矿粒和非金属矿粒共生的粒度和特点决定了矿石的所需磨矿粒度，后者是选矿过程需电量的主要标志^[101]。

磁铁矿和赤铁矿的特点是金属矿层、非金属矿层和混合矿层呈交替的薄层理。层理决定了矿石结构，造成了不同程度的再结晶，从而伴随着矿物组成、颗粒粒度和集合体的更替。矿层的厚度介于0.1~2毫米（微细层）至几十毫米之间。各层的结构特点是呈颗粒、连生体和集合体的形式而存在的金属矿粒和非金属矿粒的嵌布粒度以及各层中金属矿物的分布不同。浸染性铁矿石的金属矿粒和集合体的平均粒度列于表1-3^[10, 26]。

矿石结构的一般规律是随着各层中含铁量的提高，矿物的嵌布特性从尘状逐渐增长到致密状。金属矿层中非金属矿物的嵌布粒度特点是单体的嵌布粒度细，有时小于0.02毫米。对贫磁铁矿的研究结果表明，金属矿层中总是嵌布有非金属矿物，而在非金属矿层中总是嵌布有金属矿物。非金属矿层中金属矿物的嵌布粒度大体上比金属矿层中非金属矿物的嵌布粒度粗。

与磁铁矿和赤铁矿不同，褐铁矿的特点是鲕状结构。鲕粒通

常互不胶结并且达到3毫米或者更大一些。在选别胶结性矿石时必须使矿石单体分离。

表 1-3 浸染性铁矿石中金属矿粒及其集合体的粒度

浸染性铁矿石的类型	矿 层	粒 度, 毫 米	
		颗 粒	集 合 体
磁铁矿	金属矿层	0.10	0.32
	混合矿层	0.03	0.08
	非金属矿层	0.02	0.07
赤铁矿 (氧化石英岩)	金属矿层	0.10	0.59
	混合矿层	0.04	0.10
	非金属矿层	0.05	0.09
赤铁矿 (碧玉铁质岩)	金属矿层	0.06	0.36
	混合矿层	0.03	0.10
	非金属矿层	0.05	0.07

确定矿石中各种矿物嵌布特性的主要参数是基岩中的颗粒粒度及其集合体的大小。但是颗粒粒度不考虑其形状, 因为是在显微镜下仅按照切片的一个面鉴定的, 是有一定条件的。

矿物及其集合体的嵌布特性可通过在自然状态下的金属矿粒和非金属矿粒及其集合体的筛分组成或比表面得到较为充分的说明。在此情况下, 有可能十分准确地鉴定矿物的嵌布粒度及其形状参数。

为了从矿石中分出在天然粒度下解离的金属矿物和非金属矿物, 作者和T.И.科斯托乌索娃一起提出了依次选择溶解嵌布于矿石中的金属矿物和非金属矿物和随后测定其粒度组成和比表面的方法。粒度3(5)~0毫米的矿石在用盐酸(1:1)处理时, 在固:液=1:10和温度约80°C的条件下, 从中分出单体的非金属矿粒。磁铁矿、假象赤铁矿、赤铁矿、氢氧化铁、菱铁矿均溶于溶液中。未被溶解的残渣中全铁品位根据矿石的矿物组成介于1.5~9.3%的范围内, 其中有相当于0.8~7.9%的与含铁硅酸盐化合。未被溶解的残渣含75.7~96.4%SiO₂、22.3~3.6%硅酸盐矿物及其它不溶于酸的非金属矿物。

从上述这些矿样（同样的称样）中用苛性碱（浓度400克/升）在温度170~180°C和压力7.0~7.5公斤/厘米²的条件下，用热压浸出器浸出2小时实现了金属矿物的离析。对某些类型铁矿石来说，为了脱除热压浸出器浸出时生成一定量的氢氧化铁和镁，把残渣放在稀盐酸溶液中处理1~2分钟。在这些条件下非金属矿石部分的石英溶解了96~97%。未被溶解的残渣（金属矿石部分）中单体的SiO₂含量占1.4~1.8%。

用克里沃罗格和库尔斯克磁力异常区有代表性的各种贫铁矿石进行了金属矿石部分和非金属矿石部分在天然粒度下分离的研究、未溶残渣粒度组成和比表面的测定见表1-4。

表 1-4 磁铁石英岩中金属矿石和非金属矿石嵌布的比表面，厘米²/克

产 品	粗 粒 嵌 布			中 粒 嵌 布			细粒嵌布	
	矿石	金属矿石嵌布	非金属矿石嵌布	矿石	金属矿石	非金属矿石	矿石	非金属矿石
磁铁石英岩： 其中各种粒级，毫米：	268	1324	743	207	2812	535	112	293
3~1	10	178	46	12	1605	42	9	41
1~0.5	59	252	148	76	2226	180	50	135
0.5~0.1	130	298	304	124	3324	281	83	363
0.1~0.074	291	616	673	248	870	639	365	1006
0.074~0.05	562	656	966	360	1066	856	602	2102
0.05~0	1708	1796	2381	1694	3312	2433	2072	4526

为了测定矿石中的金属矿物和非金属矿物的嵌布粒度，在研究岩相特性时利用了由B.A.奥列夫斯基简化的罗津-拉姆列尔物料粒度特性方程式^[55]：

$$\frac{100}{R} = e^{md}$$

式中 R——筛孔直径为d（厘米）的筛子的筛上产品总量，%；

e——自然对数的底；

m ——表示物料粒度组成的常数。

采取在原矿选择溶解过程中分离出的金属矿物和非金属矿物之间粒度组成参数之差作为评价矿石中金属矿物和非金属矿物嵌布粒度的准则。该差值可称为矿石中矿物的嵌布粒度参数 f ：

对于金属矿物：

$$f_p^d = m_p - m_n = \frac{1}{d} \ln \frac{R_n}{R_p}$$

对于非金属矿物：

$$f_H^d = m_H - m_n = \frac{1}{d} \ln \frac{R_n}{R_H}$$

式中 R_n, R_p, R_H ——分别为原物料、金属矿石物料和非金属矿石物料的筛孔直径为 d 的筛上产物，%。

随着被研究物料粒度的增大，矿石嵌布的粒度参数接近于 m 值。在研究直接位于矿体中的矿石时有等式 $f = m$ 。由此可以得出结论，随着被研究物料粒度的增大，粒度参数值的物理的可靠性提高了。在研究矿体中的矿石时，该值充分地反映出矿石中各种矿物嵌布的粒度组成。

克里沃罗格和库尔斯克磁力异常区某些种类磁铁石英岩、其中金属矿物和非金属矿物嵌布的粒度特性和按照上面援引的公式计算的矿物嵌布的粒度参数列于图1-1。

对于被研究的矿石来说，其特点是金属矿物的嵌布粒度较细。非金属矿物的粒度组成接近于被研究物料的筛析特性。在这种情况下随着金属矿物嵌布粒度的降低，非金属矿物的嵌布粒度有所提高。这证明了在微细粒嵌布矿石中存在着由单体的非金属矿粒形成的较厚的非金属矿层。金属矿粒的嵌布粒度波动范围较广。金属矿粒粒度组成的参数在3.316~4.296范围内；与原矿相比颗粒粒度降低二分之一或者更多。在所研究的磁铁矿的各种变种中发现有大量的粗粒磁铁矿集合体。+0.5毫米粒级的含量从微细粒嵌布的各种变种中的8%波动到粗粒嵌布变种中的28%。粗粒磁铁矿集合体的存在证明粗粒级中的金属矿物往往形成微细的，

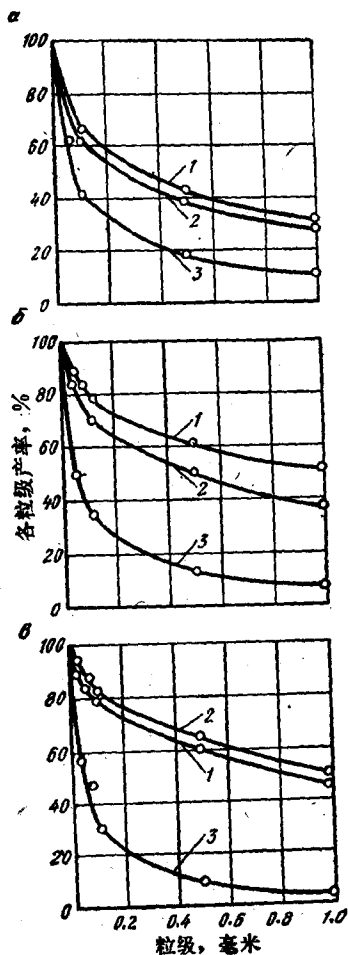


图 1-1 磁铁矿石英岩 (1) 和其中非金属矿物 (2) 与金属矿物 (3) 的粒度组成

a—粗粒嵌布石英岩 (列别金斯克采选公司 $f_p^{0.5} = 1.90, f_H^{0.5} = 0.44$); б—细粒嵌布石英岩 (南方采选公司 $f_p^{0.5} = 3.22, f_H^{0.5} = 0.87$); в—微细粒嵌布石英岩 (英古列茨采选公司 $f_p^{0.5} = 4.69,$

$f_H^{0.5} = -0.06$)