

氧化和复合铁矿石 联合选矿法

[苏] B.C. 乌瓦罗夫 H.E. 沃夫克 著
万起 原庆久 王化仁 译



1.1

氧化和复合铁矿石 联合选矿法

〔苏〕 B.C.乌瓦罗夫 著
H.E.沃夫克

万 起 原庆久 王化仁 译

~~冶金~~工业出版社

内 容 提 要

本书是根据苏联矿藏出版社(Недра) 1983年出版的 В. С. Уваров 和 Н. К. Вовк 合著的《Комбинированные методы обогащения окисленных и смешанных Железных Руд》一书翻译的。书中介绍了各种氧化和复合铁矿石的特性及其分类, 阐述了这些矿石的磁选-浮选联合选矿和选择性絮凝的研究结果, 探讨了选矿厂的工艺流程和厂内闭路循环供水问题。

本书供选矿厂、科研设计单位的工程技术人员以及高等学校有关专业师生参考。

本书前言、1、2、3、10、11章由万起翻译, 4、6、9章由原庆久翻译, 5、7、8章由王化仁翻译。全书由宋凯铭、万起校对。

氧化和复合铁矿石联合选矿法

[苏] В. С. 乌瓦罗夫
Н. Е. 沃夫克 著

万 起 原庆久 王化仁 译

*

冶金工业出版社出版发行
(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)
新华书店总店科技发行所经售
冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 $6\frac{1}{2}$ 字数 168 千字
1990年6月第一版 1990年6月第一次印刷

印数00,001~1,700册

ISBN 7-5024-0573-9

TD·96 定价4.80元

前 言

1981~1985年和1990年前苏联经济和社会发展的基本方针规定,要掌握氧化和复合铁矿石的选矿新工艺,以进一步扩大铁矿石原料基地和综合开发矿产资源。

复合铁矿石主要采用包括磁选、重选和浮选法的联合选矿法^[33]。

苏联和其他国家的经验表明,采用联合选矿法是提高产品质量最重要的方法之一。苏联选别复合矿石的磁选-重选流程(奥列涅戈尔矿床)和美国选别氧化铁矿石的选择性絮凝和浮选的联合选矿法(蒂尔登选矿厂)相结合具有重要意义。

氧化铁矿石一般是化学和矿物组成不固定,其特点是有很高的分散性,金属矿物和非金属矿物紧密共生。这些特点决定了在磨矿时生成细粒物料(小于0.03毫米)的数量和质量,对这种细粒物料,在世界上的生产实践中,还没有有效的工业选矿方法。

因此,研究制定和推广选别细粒物料的较完善的选矿技术和新的方法具有很大意义。

这些方法之一是选择性絮凝。但是到目前为止,选择性絮凝的理论基础以及应用这种方法选别氧化矿石的问题还很不完善,没有总结出工业试验的经验。

在这方面,制定选矿制度和确定含铁矿物的不同胶体化学特性的试验研究以及在新的基础上解决氧化铁矿石可选性和选择脱泥的评价问题具有重要意义。

近年来出现了建立水循环闭路系统的新方法,其中包括多次浓缩和将水的离子组成调节到所需浓度。

本书作者主要是根据在苏联黑色冶金选矿烧结研究设计院和库尔斯克工学院进行的研究和工业试验结果的总结而编写的。第1、2、4、5、6章由B.C.乌瓦罗夫执笔,第3、7、8、9、10章由H.E.沃夫克执笔。

目 录

前言	V
第一章 氧化含铁石英岩的国民经济意义及其现代选矿方法	1
第二章 氧化和复合铁矿石的特点	5
第一节 氧化铁矿石的天然性质和结构的重要特点	5
第二节 克里沃罗格矿区、库尔斯克磁力异常区和科拉半岛的氧化矿石	12
第三节 其他国家矿床的氧化和复合铁矿石	17
第三章 用联合选矿法选别氧化铁矿石的某些研究结果	20
第一节 强磁场磁选	20
第二节 氧化和复合铁矿石的浮选	21
第三节 联合选矿法	26
第四章 铁矿物浮选的工艺特点	36
第一节 矿物和水的相互作用	36
第二节 铁矿物的浮选及其和表面活性物质的相互作用	38
第三节 提高铁矿物浮选的选择性	45
第四节 阳离子捕收剂与铁矿石各种矿物的相互作用	52
第五节 有机胶体对铁的氧化物浮选的影响	55
第六节 用酸和碱处理对铁矿物浮选的特殊影响	57
第五章 氧化和复合铁矿石选矿过程的强化	63
第一节 用多组分混合捕收剂浮选矿物	63
第二节 用多梯度磁选提高氧化铁矿石选矿效率的途径	65
第三节 物理化学作用对选别氧化矿石的影响	71
第六章 含铁矿泥的选择性絮凝	78
第一节 氧化和复合铁矿石矿泥的生成	78
第二节 矿物悬浮液絮凝和稳定的物理化学原理	84

第三节	絮凝剂及其和铁矿矿物的相互作用·····	86
第四节	含铁矿泥选择性絮凝的加药制度的制定·····	88
第五节	选别氧化铁矿石时应用选择性絮凝的机理和可能性·····	95
第七章	工业上掌握氧化铁矿石选矿工艺的经验·····	105
第一节	焙烧磁选·····	105
第二节	氧化含铁石英岩的正浮选工业试验·····	109
第三节	中部采选公司氧化含铁石英岩阴离子反浮选的工业试验·····	111
第四节	共产国际矿中央选矿厂选别地下开采矿石的生产经验·····	120
第五节	氧化铁矿石浮选时的循环供水·····	128
第八章	精矿和尾矿矿浆的脱水·····	134
第一节	浮选精矿引入饱和蒸汽进行过滤·····	134
第二节	用有多孔隔板的真空过滤机过滤·····	136
第三节	尾矿矿浆引入真空排水·····	142
第四节	矿浆的第二次浓缩·····	143
第五节	磁选-浮选尾矿矿浆的脱水·····	148
第九章	其他国家氧化铁矿石的选矿·····	150
第一节	蒂尔登选矿厂(美国)·····	150
第二节	克莱科涅尔-洪堡特-杰伊恩茨公司的工艺流程(联邦德国)·····	154
第三节	脱泥、浓缩·····	154
第四节	过滤·····	157
第五节	氧化铁燧岩·····	158
第十章	解决利用厂内闭路循环供水问题的合理途径·····	163
第一节	循环供水系统的技术经济分析·····	163
第二节	在实行循环供水时对水质的要求·····	171
第三节	污染物质的组成和污水净化·····	173
第十一章	氧化含铁石英岩合理选矿工艺的制定和技术经济分析·····	177

第一节	各种不同氧化度的氧化含铁石英岩最佳浮选制度的制定.....	177
第二节	用强磁场磁选法选别氧化含铁石英岩合理流程的制定.....	184
第三节	氧化含铁石英岩联合选矿合理流程的制定.....	188
第四节	选别弱磁性含铁石英岩的经济评价.....	192
参考文献		197

第一章 氧化含铁石英岩的国民经济意义 及其现代选矿方法

氧化含铁石英岩在自然界中分布很广。实际上苏联所有的大型铁矿床均有氧化含铁石英岩，并且储量很大。这些矿石大部分埋藏于现有露天矿的良好矿山地质条件下并在开采磁铁石英岩时可顺路采出。

克里沃罗格各采选公司的露天矿每年采出氧化含铁石英岩3000~3500万吨以上，库尔斯克磁力异常区的米哈依洛夫矿床随磁铁矿一起采出1000~1200万吨。在苏联，这种矿石的每年采出量大致为6000~6750万吨。但是其中仅有900~1000万吨氧化含铁石英岩在中部采选公司进行处理。其余顺路采出的氧化铁矿石由于没有经济合理的选矿工艺而未被利用，暂时堆存在堆积场上。这导致了非氧化石英岩的采矿费用上涨0.07卢布/米³和堆积场维护费用的提高。

根据克里沃罗格设计院的计算，至1990年，克里沃罗格矿区氧化石英岩堆积场的占地面积显著增大，氧化石英岩的进一步积聚明显的破坏矿区的经济和生态条件。

目前黑色冶金的主要铁矿原料是不需选别的富氧化铁矿石和未氧化含铁石英岩的磁选精矿。

在铁矿石储量平衡表内，氧化含铁石英岩占据着重要位置。这些矿石是选取优质铁精矿的潜在矿源。处理这些矿石要避免堆积场占用大面积肥沃的黑土地，取消运往堆积场的运输费用等等。待顺路开采的氧化铁矿石是扩大黑色冶金原料基地的潜力所在，这种矿石的利用能使铁矿产品的生产能力迅速增长并造成矿石准备的超前发展^[40]。

实际上所有平衡表内的氧化石英岩均在克里沃罗格矿区。在该矿区中还集中了平衡表外的储量50%（49亿吨）。其余的这种

矿石，赋存于库尔斯克磁力异常区（米哈依洛夫矿床，列别金矿床，斯托依连斯克矿床）、克列明楚克矿床和波彼利纳斯托夫矿床（乌克兰共和国）、卡尔萨克帕依矿床（哈萨克斯坦）和奥列涅戈尔矿床（穆尔曼斯克州）。

克里沃罗格矿区和库尔斯克磁力异常区许多区段的氧化铁矿石是最难选的矿石。利用这种矿石需要解决一系列问题：论证合理的选矿工艺，评价矿床各区段氧化铁矿石的可选性，查明决定矿石工艺特点和按统一的工艺流程选别氧化矿石可能性的各种因素。

氧化铁矿石选别困难是由它的特殊性决定的，即矿石的组成矿物嵌布粒度细，生成的矿泥分散性高，矿石的物理特性和胶体化学特性不稳定。

近几年来苏联和其他国家进行了氧化铁矿石的试验研究，其结果具有很大的理论和实践意义。根据其中的某些论证，编制和推荐了强磁场磁选法和浮选法用于工业生产实践。极为重要的是，制定了选别氧化铁矿石的絮凝浮选和磁选-浮选联合选矿法，同时利用厂内闭路循环供水〔48, 49〕。

苏联在工业生产上选别氧化铁矿石采用焙烧磁选^[23]和浮选法。焙烧磁选时精矿的主要金属矿物回收率为64.7~76.5%（较低值相当于原矿的铁氧化物的回收率）；浮选时为85~95%。在矿物良好解离的条件下，精矿铁品位决定于硅酸盐矿物和铝硅酸盐矿物的存在量。由于含铁硅酸盐的铁品位低，氧化矿石不适于用来取得优质浮选精矿。这些矿石对用浮选法选别的适应性取决于矿石中硅酸铁含量，后者不应超过6%。因此，在矿石勘探和计算储量时必须确定以氧化物、氢氧化物和碳酸盐的形态存在的铁含量，在选矿时系根据铁氧化物和碳酸铁计算回收率。

采用焙烧磁选时对金属矿粒和连生体的磁性进行比较具有极重要的意义。

以克里沃罗格矿区和库尔斯克磁力异常区为例，对这两矿区各矿床氧化含铁石英岩的可选性有很多研究资料。用五一、格列

瓦特、彼得罗夫、斯克列瓦特、新克里沃罗格、安诺夫、英古列茨、米哈依洛夫等矿床的氧化铁矿石的岩芯矿样进行了可选性研究^[19, 31]。研究结果弄清了选矿指标与物质组成的关系，对任何一种选矿方法选别各种不同成分和结构矿石的适用性进行了初步的工艺评价和技术经济评价。

处理嵌布粒度0.05毫米的矿石，当铁的氢氧化物含量低于10%和在非金属矿层中无磁铁矿时，用磁选法选别氧化铁矿石较为成功。在氧化铁和氢氧化铁矿物的嵌布粒度相同而其含量提高到15%乃至更高时，浮选和联合选矿是较为合理的选矿流程。焙烧磁选法仅对粗粒嵌布易选矿石较为有效，对硅酸盐型细粒嵌布氧化矿石的选别效果不好，在焙烧时不能完全还原，选别后精矿铁品位不超过62%。

大部分氧化和复合铁矿石的物质组成决定了它在选矿过程中产生大量原生和次生矿泥。因此，防止这些矿泥有害影响的问题具有很大意义。

由于按氧化铁矿石的成因条件，主要工业含铁矿物（赤铁矿、假象赤铁矿）实际上总是和铁的氢氧化物共生，这就不可避免地大大影响可选性。从工艺观点上看，弄清有关这种共生特性的问题极为重要。矿物、化学和X射线结构分析不一定能揭示出铁的氧化物与氢氧化物结合的特性和形状。

氧化铁矿石和复合铁矿石的试验基本上能够无流失地回收所有铁矿物，同时取得铁品位很高的精矿。这主要取决于，在氧化矿物和氢氧化矿物连生体磨碎时，紧密共生的铁矿物和脉石矿物（石英、其他硅酸盐）能够达到解离的程度。还有这种情况，即铁矿物和脉石矿物紧密共生的程度使脉石矿物深度铁染达到硅酸盐离子完全或部分地被二价铁和三价铁所取代。在石英和硅酸盐表面到处生成由褐铁矿或磁铁矿嵌布所组成的膜。

黑色冶金选矿烧结研究设计院研究了氢氧化铁含量各异的氧化铁矿石的可选性。根据矿物解离度的分析和工艺试验的比较，成功地确定了矿石中完全没有铁氢氧化物或其含量在5%以内的

赤铁-假象赤铁矿型的氧化铁矿石是易选矿石。通常这些矿石用多梯度磁选法、浮选法容易选别，在某些情况下（风化矿石）用重选法也可选出铁品位64~65%的精矿。

铁的氧化物含量为10~15%的磁铁-褐铁-假象赤铁矿型的氧化铁矿石属于中等可选性矿石。用浮选法较易选别，用多梯度磁选设备多少差些，取得的精矿质量不高，铁品位为58~60%，铁回收率不超过68%。

铁的氢氧化物含量为20~25%的褐铁-假象赤铁矿型矿石属于难选矿石。氢氧化矿物含量更高的（35~40%）矿石属于极难选矿石，应用多段流程和脱泥作业的联合选矿法可较为有效的选别。

具有铁染石英和极细共生的铁的氧化物、氢氧化物和脉石矿物的矿石几乎不能用磁选法选别。硅酸盐铁矿物含量高的氧化矿石——钠闪石、镁铁闪石、阳起石、绿云母等很难分选。

在氧化铁矿石之中，粉状石英的变种占有特殊位置，它在很大程度上是金属矿物和非金属矿物单体粒子和连生体的机械混合物。用多梯度磁选法选别这种矿石最为有效，因为从其中选出的磁性产品实际上不含有连生体，这就决定了在强磁场条件下能够取得优质指标。

第二章 氧化和复合铁矿石的特点

第一节 氧化铁矿石的天然性质和结构的重要特点

氧化铁矿石（赤铁矿）和复合铁矿石（磁铁-赤铁矿）是多矿物原料，其中有用矿物（赤铁矿、假象赤铁矿、磁铁矿、针铁矿、水针铁矿、纤铁矿等）按不同的数量比与含二氧化硅矿物（一般为石英、硅酸盐和铝硅酸盐）紧密共生。

氧化铁矿矿床的特点是优质富矿石和贫含铁脉石之间存在着明显的界限。苏联的克里沃罗格矿区、乌拉尔、库尔斯克磁力异常区、西伯利亚、哈萨克斯坦、科拉半岛及其他一些矿区的氧化铁矿石之间在结构和矿物学方面是近似的，但其物理和胶体化学性质各异。

苏联对氧化铁矿床研究得很不够，而对克里沃罗格矿区的各矿床和库尔斯克磁力异常区的某些矿床研究的最为充分^[15, 20, 23]。这些矿床的矿石虽然埋藏条件、分布情况和各种变种的相互关系以及一些结构特点等相似，但其物质组成有很大区别，金属矿物和非金属矿物的包裹体形状和层理也有很大不同，无论是粒径（包括宏观和显微包裹体），还是相互共生均有差别。

实际上所有的氧化含铁石英岩均为蓝黑色，褐-蓝黑色，褐色和黄黑色。它们有15~35%比磁铁矿石易于破碎和磨矿。表2.1列出了各主要矿床氧化矿石的矿物组成；表2.2列出了矿物的主要物理和结晶特性。

氧化含铁石英岩含有：磁铁矿（小于10%），氧化亚铁（小于等于7%），硫（小于0.3%）（南部采选公司的V含铁水平除外），磷小于0.3%。其矿物组成主要是假象赤铁矿，铁云母-假象赤铁矿，褐铁-假象赤铁矿，假象赤铁-铁云母变种，并含有少量残余

表 2.1 氧化含铁石英岩的矿物组成

矿床, 企业	地层层位	矿物含量, %									
		磁铁矿	赤铁矿 (假象赤铁矿)	氢氧化铁	碳酸铁	铁硅酸盐	非金属碳酸盐	粘土矿物	石英	磷灰石	其他矿物
克 里 沃 罗 格 矿 区											
南部采选公司, 斯格列瓦茨克矿床	K ₁ ^{1*}	4.7	39.7 (35.5)	10.4	1.0	2.7	0.2	—	40.6	0.1	0.6
	K ₂ ^{2*}	3.5	36.3 (24.4)	15.4	0.8	3.2	0.4	—	40.2	0.2	—
	K ₂ ^{5*}	2.8	31.8 (22.1)	8.0	0.9	1.8	—	0.9	43.6	0.17	0.03
新克里沃罗格矿床, 2号露天矿, 瓦利亚夫矿段	K ₂ ^{4*}	10.3	36.8 (22.9)	8.9	1.0	5.1	—	1.3	45.9	0.46	0.24
	K ₂ ^{4*}	7.7	35.5 (30.8)	7.2	1.0	5.1	—	—	43.3	0.1	0.1
	K ₂ ^{5*}	2.9	44.2 (38.1)	10.3	1.3	3.3	—	—	37.7	0.17	0.13
大格列瓦特卡	K ₂ ^{6*}	2.6	41.8 (38.9)	8.1	1.2	2.0	—	1.1	43.0	0.17	0.03
	K ₂ ^{2*}	3.0	38.1 (32.6)	12.3	0.9	1.9	—	0.5	42.4	0.6	0.3
	K ₂ ^{4*}	3.9	28.0 (24.5)	22.4	1.0	—	—	2.1	42.3	0.25	0.05
中部采选公司	K ₂ ^{5*}	3.9	23.0 (11.0)	22.4	1.0	—	—	2.1	42.3	0.25	0.05
	K ₂ ^{5*+6*}	7.7	22.5 (22.0)	22.2	1.5	2.0	—	—	43.5	0.1	0.5
英古列茨采选公司, 12号矿段	K ₂ ^{2*}	7.7	36.5 (32)	3.3	1.0	2.8	—	0.7	47.8	0.15	0.13
库 尔 斯 克 磁 力 异 常 区											
米哈依洛夫采选公司 列别金采选公司	K ₂	6.6	42 (31.5)	6.1	1.4	8.0	0.6	1.0	33.8	0.14	0.36
	K ₂ ^{1+2*}	10.0	26.5 (23.0)	10.0	5.6	5.8	—	—	35.8	0.3	—

表2.2 铁矿物的物理和结晶特性

矿物	晶系, 对称形式, 参数, 晶格, 10^{-8} 毫米	解理	颜色, 光泽, 条痕	密度 克/厘米 ³	硬度	铁品位 %	电导率 厘米 ⁻¹ ·欧	比磁化系数 10^{-6} 厘米 ³ /克
磁铁矿	立方晶系 $a_0 = 8.374$	无解理。按照(III) 有解理	铁黑色, 有时在晶 体上带有散乱蓝色。 半金属光泽, 黑色条 痕	4.9~5.2	5.5~6	72.4	1~60 $10^{-1} \cdot 10^3$	8000~20000
假象赤 铁矿	立方晶系 $a_0 = 5.027$	无解理	粉粒为深红色, 条痕 亦为同样颜色	5	5~6	70	$10^{-1} \cdot 10^3$	100~300
针铁矿	斜方晶系 $a_0 = 4.64$ $b_0 = 10.0$ $c_0 = 3.03$	按照(010)解理完 善	浅黑褐色, 淡黄色 和淡红褐色。金刚 石-金属光泽。淡褐 黄色条痕	3.3~4.3	5~5.5	63以内	$0.1 \cdot 10^{-9}$ $0.1 \cdot 10^{-10}$	80~250
水针铁 矿	斜方晶系 $a_0 = 4.587$ $b_0 = 9.937$ $c_0 = 3.015$	解理完善	棕褐色, 黑褐色粉 粒	3.7~4.3	4	60.9	—	19.7
纤铁矿	斜方晶系 $a_0 = 3.87$ $b_0 = 12.52$ $c_0 = 3.06$	按照(010)解理极 完善, 按照(001) 解理完善	深红色到淡红褐 色。半金属光泽。淡 白-橙黄色条痕	5	4.09	63以内	$0.5 \cdot 10^{-10}$	30~40
菱铁矿	三方晶系 $a_0 = 6.03$ $b_0 = 103^\circ 05'$	解理完善	白色; 灰色, 淡褐 色粉粒	3.9	3.5~4.5	62	$10 \sim 10^{-2}$	35~150

续表 2.2

矿物	晶系, 对称形式, 参数, 晶格, 10^{-3} 毫米	解理	颜色, 光泽, 条痕	密度 克/厘米 ³	硬度	铁品位 %	电导率 厘米 ⁻¹ ·欧	比磁化系数 10^{-6} 厘米 ³ /克
钠闪石	单斜晶系 $a_0 = 9.8$ $b_0 = 17.85$ $c_0 = 5.3$	按晶面(110)解 理完善, 按晶面 (001)解理不完善	岩体为深蓝色, 色 泽光亮, 条痕白色	3.2~3.3	5	20~37	$10^{-6} \sim 10^{-8}$	30~40
镁铁闪 石	单斜晶系 $a_0 = 9.95$ $b_0 = 18.26$ $c_0 = 5.34$	按晶面 (110)解 理完善	透明的, 白色和淡 黄色, 色泽光亮, 条 痕白色	3.1~3.2	4.5~5	15~26	$10^{-4} \sim 10^{-6}$	20~30
阳起石	单斜晶系 $a_0 = 9.78$ $b_0 = 17.8$ $c_0 = 15.26$	按 124° 角的晶面 (110)有解理, 按 (010)	深绿色, 淡绿灰色, 色泽光亮, 条痕白色	3.1~3.3	5.5~6	6~13	$10^{-10} \sim 10^{-11}$	10~12
绿云母	单斜晶系 $a_0 = 5.31$ $b_0 = 9.23$ $c_0 = 20.36$	解理极完善	暗绿色到碧绿和淡 绿色	3~3.1	4~4.5	14.4	9.7~10	30~76
角闪石	单斜晶系 $a_0 = 9.8$ $b_0 = 17.9$ $c_0 = 5.28$	按晶面(110)解 理完善, 按 (001) 解理不完善	绿色、褐色, 主要 为深绿色。色泽光亮, 条痕白色杂有淡绿色	3.1~3.3	5.5~6	21.6	4.9~11.2	37
多水铁 高岭土	单斜晶系 $a_0 = 5.2$ $b_0 = 8.92$ $c_0 = 10.25$	无解理 摩擦时易于磨光	淡黄色、褐色、巧 克力褐色。光泽蜡黄, 暗淡条痕褐色	2~2.5	1.2	4.3	—	5~6

磁铁矿，在半氧化矿石中残余磁铁矿的含量增加到10~15%。英古列茨采选公司、南部采选公司、新克里沃罗格采选公司和中部采选公司的V含铁水平以及南部采选公司VI含铁水平和库尔斯克磁力异常区米哈依洛夫矿床的特点是原生赤铁矿（云母铁矿）的含量偏高。

由于氧化铁矿石的矿物组成、构造的巨大差异与每种矿石素有的结构-构造特点（金属矿层和复合矿层的厚度不同，以及主要铁矿物的嵌布粒度细），可把克里沃罗格矿区和库尔斯克磁力异常区的氧化铁矿石视为极难选矿石。

图2.1中斜线的面积为未解离的金属矿粒的数量。从0.1毫米的粒度开始解离，而对层理很薄和金属矿物与石英共生极细的矿石（南部采选公司V含铁水平的碧玉铁质岩），开始解离的粒度还要降低。

南部采选公司含铁石英岩的特点是结构-构造特点多种多样，同时成层的形状也有多种式样。分层的原因是有极薄的夹层，在层面上有一定数量的叶片状和纤维-针状矿物（赤铁矿、绿泥石、闪石、粘土等），这就导致了大量的连生体和矿泥的生成。

粗粒分散的杂质是在矿物相互共生时由外来物质晶体生长的机械夹带造成的。对铁的氧化物、氢氧化物和某些硅酸铁而言，最有代表性的杂质是粘土和有机物质^[44]。这些夹杂物是原生的，即是在结晶过程中被矿物带入的。矿物中的粗粒分散的夹杂物达到 0.1×0.01 毫米。

此外，在晶体上还有很多薄膜形式杂质，间或充满其集聚体中的空隙（气孔）。磨碎的矿物粒子表面上外来杂质的含量很大。在含铁石英岩的氧化物、硅酸盐和铝硅酸盐中，CaO、MgO、FeO、Fe₂O₃、Al₂O₃、P₂O₅、BaO、Na₂O等杂质占有很大比重。在矿物中，杂质的总含量达到5~10%。此时，根据介质的组成和条件在矿物上可生成和固结有微细镶嵌结构的单层离子和多分子薄层，实质上它们都是独立相。

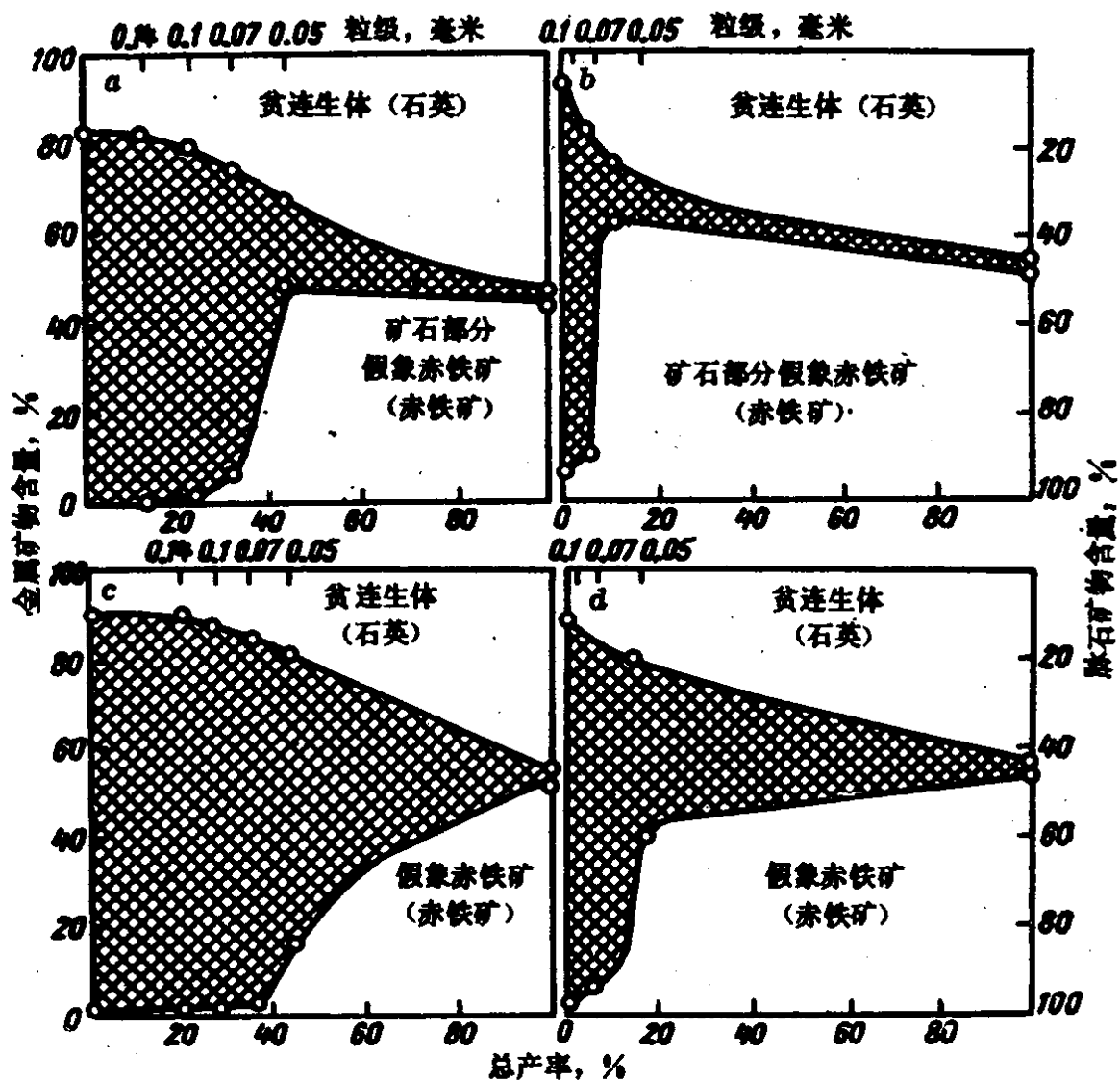


图 2.1 南部采选公司氧化矿石中金属矿物和非金属矿物的解离率

a, b—IV 含铁水平（磨到65%（*a*）和90%（*b*）—0.074 毫米粒级）；
c, d—V 含铁水平（磨到60%（*c*）和90%（*d*）—0.074 毫米粒级）；

在用水处理铁矿石的主要矿物和伴生矿物时，其表面上剥落17.57到22.45毫克/升钙离子；4.22~6.63毫克/升镁离子等（表2.3）。

根据差热分析资料证实，铁矿物中有水膜和有机杂质。