

苏联选矿研究设计院
第三次科学技术会议
資料彙編

第二分冊



冶金工業出版社

苏联选矿研究设计院

第三次科学技术会议

資 料 汇 編

第 二 分 册

苏联有色冶金工业部技术司

苏联选矿研究设计院

冶金工业部选矿研究院

合 編

譯

冶 金 工 业 出 版 社

本書系根据苏联冶金出版社 1955 年出版的 [苏联选矿研究設計院第三次科学技术會議資料汇编] 譯出。

这次會議成功地总结了苏联最大的选矿研究設計机构——选矿研究設計院在 1951—1953 年間在矿石准备的科学研究和設計上所做的工作。

本書中分为三个部分：1) 选矿理論与实践和机械制造总的問題；2) 黑色金屬选矿；3) 燒結。

中譯本也按这三个部分暫分成三分冊出版。

本書譯者除署名者外皆为选矿研究院技术資料室集体譯校。

ТРУДЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
СЛУЖБЫ ИНСТИТУТА МЕХАНОБР
Металлургиздат (Москва 1955)

苏联选矿研究設計院
第三次科学技术會議

資料汇编 第二分冊

冶金工业部选矿研究院 譯

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版业營業許可証出字第 093 号

冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

— * —

1959 年 12 月第一版

1959 年 12 月北京第一次印刷

印数 2,012 冊

开本 $850 \times 1168 \cdot 1/32$ · 200,000 字 · 印张 $8 \frac{12}{32}$ ·

— * —

統一書号 15062 · 1949 定价 1.10 元

目 录

(第二分册)

Г.И.尤登尼奇:

黑色金属选矿工艺流程的制定和在工业中运用的

总结报告..... 1

技术科学副博士 А.М.巴尔芬诺夫:

矿石和精矿烧结工艺的現代方向.....32

技术科学副博士 В.Г.傑尔卡奇:

矿物的磁性对磁选过程的影响.....43

技术科学副博士 С.Г.叶甫西奥维奇:

克里沃罗格矿区捷尔任斯基矿务局中心选矿厂的

开工和生产經驗.....64

技术科学副博士 А.И.波瓦罗夫:

某选矿厂开工和调整的經驗.....98

技术科学副博士 В.Г.傑尔卡奇:

馬格尼托戈尔斯克斯大林钢铁公司磁选厂的开工和

调整經驗120

科学研究員 М.М.克魯格里柯夫:

苏联中部和南部褐铁矿的选别131

技术科学副博士 Н.П.季特科夫:

水赤铁矿的选矿流程 (以某一矿床为例)142

技术科学副博士 И.Н.卡昌:

細磨和微磨矿石的跳汰选别185

技术科学副博士 Я.И.福明:

跳汰的主要参数216

科学研究員 Б.В.基节瓦里捷尔:

关于淘汰过程的一些理論問題226

К.П. 眞奇維拉施維里:

奇阿图拉錳矿的选別問題236

发言:

С.К. 格列布聶夫; В.И. 卡尔馬申; А.Г. 博布魯 施金; Н.Ф. 卡薩 特
金; В.Г. 扎多罗日內; Б.А. 柯里雅科夫—薩沃依 斯基; Т.Ф. 苏斯里科
夫; П.С. 奧夫欽尼柯夫

技術科学博士 Г.И. 尤登尼奇教授

黑色金屬选矿工艺流程的制定

和在工业中运用的总结报告

目前，苏联黑色冶金工业进入这样一个时期，就是铁矿石选别不仅为生产精矿以补充熔炼时用的富矿石是绝对必要的，而且它已经成为生产金属过程中一个平等的工业部门。如果说苏维埃前辈冶金工业者炼铁时几乎只用富矿石和选别后所得到的精矿量还不到矿石原料总量的5%，如果说卫国战争爆发后① 1941—1945年精矿和烧结矿数量才增加到30%，那末最近几年来这一数量占矿石原料总量的百分比将要超过65%。

在矿山开采出来的铁矿石，其中大部分将要在选矿厂中选别，而剩下的部分也几乎全部要在破碎筛分厂进行矿石准备，接着把矿粉精矿粉加以烧结。

在锰矿石的选别比铁矿石的选别更为广泛的地方，锰矿石的选别应当更加深入和运用以前不能利用的矿石，还必须掌握精矿粉的造块方法；将来还必须对铬矿石的选别多加注意。

黑色金属选矿和烧结规模的巨大要求我们最全面而深入地分析这一工业部门中的科学研究工作和设计方向或是生产方针方面的诸问题，要求我们彼此交换意见和做出必要的结论，这些应当能指导我下一步的工作将完成所提出的任务。

本报告尽量简单地阐述了苏联选矿研究设计院（Механообр）黑色金属实验室②对各种矿石选别方面所做的科学研究工作，和它在最近几年所做的直接与工业有关的工作。

① 原文作「……卫国战争爆发前……」——译者。

为了选别各种铁矿石、錳矿石和鉻矿石，本實驗室拟定并完善化了采用磁选法，包括重悬浮液选矿的重选过程、浮选、焙烧磁选法和联合处理法的流程。

磁力选矿

弱磁性选矿机选矿适用于各种矿床，具有不同矿化性質的磁铁矿石。試驗已經做过了，包括对克里沃罗格，庫爾斯克磁力異常区和其他矿床的磁鉄石英岩所做的試驗。

块状矿化的磁鉄矿的选别并不特別重要，因为它的流程比較简单而且在操作过程中也沒有困难，因此对类似这种类型的矿石沒有必要做詳細的論述。

小粒和細粒矿化的磁鉄矿石的选别很复杂，选别的合理流程問題也是很重要的。

这种类型矿石的典型代表是克里沃罗格磁鉄矿石，与以前所提出的意見相反，这种矿石的儲量很大，許多其他矿床的磁鉄石英岩也很多。选矿研究設計院最近研究了克里沃罗格 11、2、6 和 12 号矿区的磁鉄石英岩前两个矿区的試驗研究工作已經結束，其他矿区今年（1954年）正在进行。

如研究結果所証明，克里沃罗格磁鉄石英岩在質量，物質組成和矿化性質上彼此相近，在矿化細度和組成矿石的主要矿物間

② 在本實驗室参加研究工作的科学研究人員：技术科学博士琴金（Н.Н.Чавин）和尤登尼奇（Г.И.Юденич），技术科学碩士傑尔卡奇（В.Г.Деркач），叶符西昂維奇（С.Г.Евсиевич），卡强（И.Н.Кахан），奥卓林（Л.В.Озолин），波瓦罗夫（А.И.Поваров），奇特科夫（Н.П.Титков），福明（Я.М.Фомин）；沙皮罗（Р.В.Шапиро），研究員貝科夫（Г.П.Быков）；叶尼凱耶夫（У.П.Епикеев）；克魯哥利科夫（М.М.Кругликов）；主任工程师巴甫洛娃（К.С.Павлова）和奇尔科娃（К.В.Чиркова），工程师波格丹諾娃（З.С.Богданова）。

量的对比上稍有差异。石英岩主要是由磁铁矿和含一些铁质硅酸盐杂质的石英组成的。其中铁质硅酸盐的数量是不定的，铁质硅酸盐的数量愈多，尾矿中的含铁量愈高。就磁铁石英岩本身的构造是属于细纹和微细纹状矿石。其中的石英是以小粒和细粒状态存在的，而磁铁矿多半以细粒存在于矿石中。主要是磁铁矿和石英的粒度基本上决定着选矿流程。

图1示出为了选别从利用的角度来看其组成和矿化性质最好的11号矿区磁铁石英岩而设计的工艺流程。

这种流程的特点：第一，磨碎后的原矿石进行预先分级；第二，在第一段除尾矿外有可能分离出精矿、中矿、或下一步需单独再磨的富中矿和贫中矿；第三，规定在磁力脱水槽上磁选前对细磨中矿进行浓缩。

如果被排除的细颗粒非金属矿粒不会机械地沾染精矿，磨碎到0.5毫米原矿石进行分级的功用就在于创造有利于粒状部分选别的条件。此外，如果没有极细微的粒子存在，磁场强度的调节就简单了，因为磁选所需要的磁力和粒子在水中运动的阻力之间的不协调现象缓和了。

经过比较试验证明，进行分级可以在保持铁的回收率不变之下使精矿质量约改善0.5%。

预先除去细颗粒的磁性粒子，随后从粒状部分中分离出精矿，这种做法还有一个未提到的优点，就是中矿进一步磨碎时不会由于磁性粒子团聚而引起较大的妨碍。问题在于如果把磨碎后的原矿石中的磁性部分送到与分级机成闭路的循环中去再磨，那末在分级机槽中发现细颗粒磁性粒子的团聚现象，其聚集体或是在分级机槽底上形成不能被螺旋或耙齿运移的乳凝物，或是像A.И.波瓦罗夫在对克里沃罗格矿石进行工业试验时所发现的，有大的絮团进入溢流中。

预先除去细颗粒磁性粒子和减少已分入精矿中的磁铁矿的数量时，实际上这种现象只是小规模地出现。

預先去磁會改善磁性部分在閉路循環中的磨碎狀況，但是在某種程度上使流程複雜化，並且在預先除去細磨後的磁鉄礦的情況下磨礦效率也較高。

在第一段選礦時不分离出精礦，這在有必要獲得較富精礦時是合理的；這時，精選磁性部分可以分离出需按不同破碎比磨碎的較富的和較貧的中礦。這樣在中礦再磨時所消耗的能量較少。

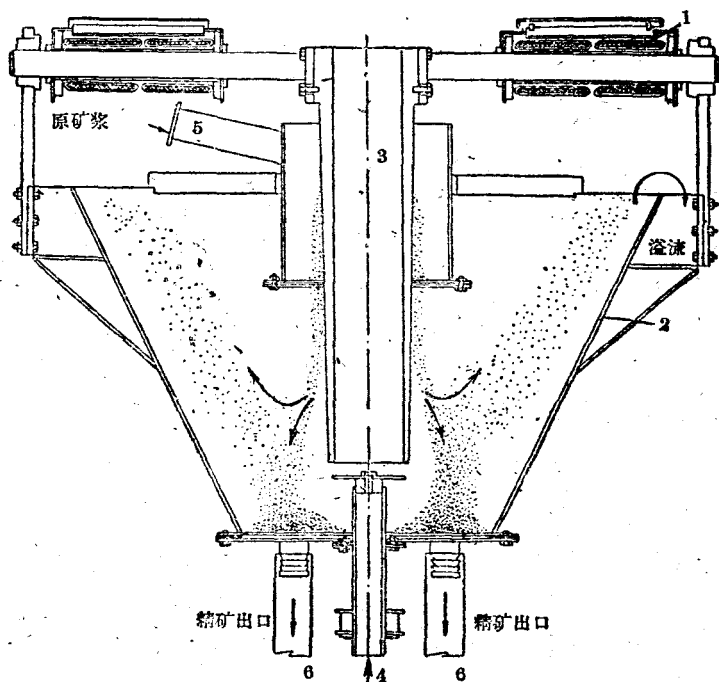


图 2. 磁力脫水槽

磁選之前在磁力脫水槽中濃縮細磨物料的問題是極其重要的，這種磁力脫水槽之一示於圖 2。問題在於在這一作業中不僅起濃縮作用，而且起着極明顯的選別作用。正如 B. Г. 傑爾卡奇、A. H. 波瓦羅夫、P. B. 沙皮羅和 K. H. 雷馬利的試驗所証明的那樣，在細磨磁性物料分級時，細顆的磁性粒子帶入溢流，而具有

較大矯頑力的細粒磁鉄矿团聚并以聚集体的形态沉下。在磁力脫水槽溢流中固体出量与这一变种矿石的磁性質、磨碎粒度和上升水流速度有关。調节在磁力脫水槽中的分級过程，可以在其中得到产出率約为 10~20% 的尾矿溢流，其中含鉄量为 7~11%，同时濃縮的磁性部分的質量也提高了 10—20% 以上。在这种濃縮产品中只有較粗大的非金屬矿物，这些非金屬矿物可以在以后的磁选机选別时除去。

显然，在对强磁性細粒物料进行磁选的地方都必须采用磁力脫水槽。

按照所列举的流程处理克里沃罗格 11 号矿区含鉄量約占 36% 的磁鉄石英岩，可以得到含鉄 60—62% 的精矿，回收率为 85—87%，产出率为 51—52%。降低磨矿粒度，精矿質量将有所提高，并且为了获得含鉄量 62% 的精矿，磨矿粒度不能超出 0.074—0 毫米的范围之外。希望得到含鉄量約 64—65% 的精矿，必須在对中矿进行第二段选別之前把它磨得更細，并且在这种情况下尽可能采用第三段选矿，在第二段选別时分离出来的中矿应当送去做第三次选別。这个問題应当在做了技术經濟計算之后再加以解决。

克里沃罗格第二号矿区的磁鉄石英岩中磁鉄矿的浸染粒度比第十一号矿区的磁鉄石英岩更細。因此，在第一段选別时，不分选出足量的精矿，其流程可能也簡單。克里沃罗格其他矿区的磁鉄石英岩在工艺上与第十一号和第二号矿区的磁鉄石英岩相近。因此，整个說来克里沃罗格磁鉄石英岩在原則上都可以按所指的流程选別并在流程簡化和改变磨矿粒度上做些修改，即：

a) 浸染粒度极細时，最好在第一段选矿时只分离出尾矿和中矿，最終磨矿則根据磁鉄矿的浸染粒度加以确定；

b) 有沒有必要进行預先分級应当和第一段选矿时分离出精矿的問題，和磁鉄矿的磨碎和退磁的問題联系起来考虑；

b) 在所有情况下，在对細物料进行选別之前必須在磁力脫

水槽对它进行浓缩以脱除细粒的非金属矿粒。

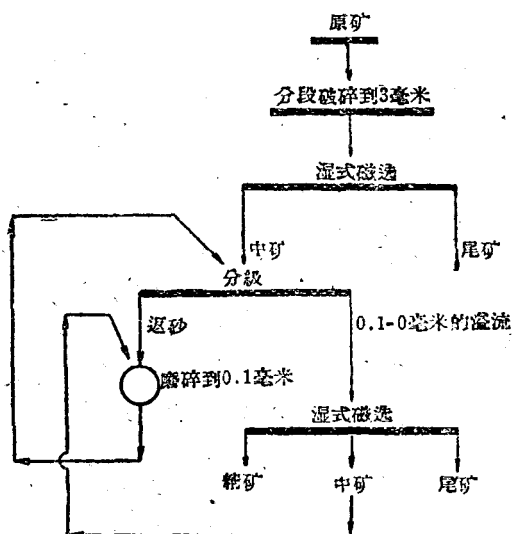
对含铁 34—37% 的克里沃罗格磁铁矿石岩进行磁选，在所有情况下都可以获得含铁量 60% 的精矿，回收率为 73 到 88%。在尾矿中的含铁量在 10—15% 的范围内。在对磁铁矿石岩的变种（其中含铁硅酸盐较多并含有大量菱铁矿）进行磁选时，铁的回收率较低。

比克里沃罗格矿石稍贫的库尔斯克磁力异常区的磁铁矿石岩含铁 33—34%，在工艺上与克里沃罗格的磁铁矿石岩相差不多。对这种矿石也可以采用两段流程，在第一段把粒度 3—0 毫米的尾矿分出，在第二段把 0.1—(0.15)—0 毫米的精矿分出来，这在流程图（图 3）上已经表示出来了。在这种情况下，得到含铁 ~60% 的精矿。最终磨矿粒度降低到 0.074—0 毫米，精矿中的含铁量随之增加 63—66%。库尔斯克磁力异常区磁铁矿石岩得出的精矿中铁的回收率达到 80—85%。西北省份矿床的磁铁矿石岩，在选别工艺上与库尔斯克磁力异常区的磁铁矿石岩相似。在某一这类矿床中含铁硅酸盐极多，它可以使尾矿中的含铁量提高到 15—17%，有时在原矿中的含铁量低时还能使铁的总回收率降低到 60%。在另一矿床，非金属部分主要是石英，这就是精矿中铁的回收率高的原因（85% 或 85% 以上）；精矿中铁的含量约为 60%。

基姆坎矿床的磁铁矿石岩与库尔斯克磁力异常区的石英岩不同之处在于：前者有块状的非金属部分，为了分离出非金属部分必须设置粒度约 25—0 毫米原矿石的磁选。对这一粒度的原矿进行磁选所得的磁性部分应当继续按适合于库尔斯克磁力异常区磁铁矿石岩的选别流程进行选别，但在磨矿粒度上要做较大的修正。从这类矿石中也可以分离出含铁量约 60% 的精矿，铁的回收率在 80% 以上。基姆坎磁铁矿石岩的选别流程示于图 4。

阿巴根矿床的含磷磁铁矿石进行一段磁选，分离出含磷最少的铁精矿和含磷灰石的尾矿。磨矿粒度在 1 毫米以下。在这类矿

石中也含有有用的伴有矿物，它们可以用浮选法合理地分选为硫化矿的精矿。全部原矿石磨碎到浮选粒度，并加以浮选以分离出硫化矿，然后再对浮选尾矿进行磁选以分选出磁铁矿精矿和尾矿，这样就可以达到最高的综合回收率。从含铁约 55% 和含磷 0.3% 的矿石中可以用上述方法得到含铁 63—66% 和含磷 0.1% 的精矿，铁的回收率为 85—90%。



产品	产率	含铁量	铁回收率
精矿	44-45	60	80
尾矿	56-55	12	20
原矿	100	33-34	100

图 3 庫爾斯克磁力異常区原生的磁鉄石英岩的原則選別流程

紹里亞山区磁鉄矿石在磨碎到 50—0 (25—0) 毫米时預先除去尾矿，在大部分磨碎到 6—0 和 1—0 毫米时選別，結果很好。

塔也日矿床的磁铁矿石含铁比较富(52—54%)并在非金属矿物当中有大量原生氧化物。在这些氧化物中含有2.6%以下的硫,这就预先决定了必须把它磨碎并加以烧结。因为磨碎是必然要做的,应当认为在烧结之前进行一次选别是合理的,选别时在铁的回收率为95—98%之下使铁的含量提高6—8%。这种矿石含有少量铜和稀有元素,它们可以用浮选法回收。

产品	№4			№5		
	γ	β	ϵ	γ	ρ	ϵ
精矿	43.6	60.1	82.5	60.5	56.7	89.1
尾矿	56.6	10.1	17.5	39.5	10.6	10.9
原矿	100.0	31.7	100.0	100.0	38.59	100.0

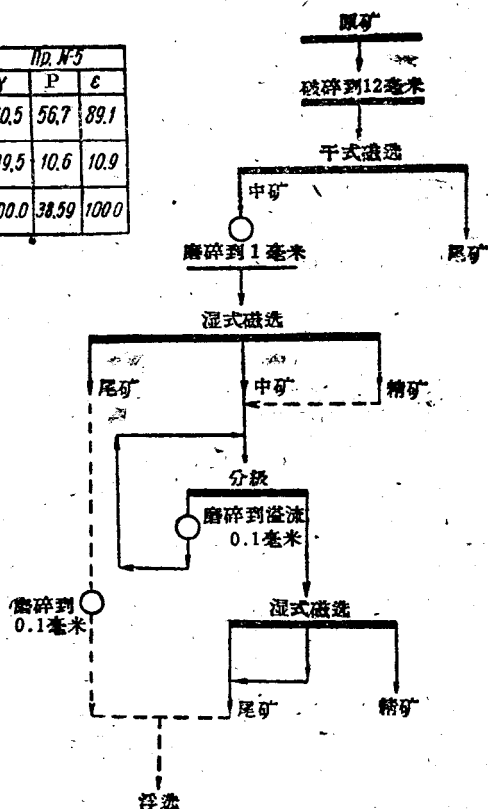


图 4 基姆坎矿床磁铁矿石英岩选别流程

锡瓦格林磁铁矿石也是含铁较富(60%)的矿石,并含有大

量原生氧化物。在矿石中含有銅和硫（达2.6%）。因此，这种矿石在磨碎和燒結之后無論进行选別或不加选別都可以利用。在加以选別时，分选出銅精矿和鉄精矿。对銅浮选并相繼进行磁选有可能得到鉄精矿和銅精矿。鉄精矿中鉄的含量达69%，其回收率为91%。

含硫磁鉄矿石中有保加利亚民主共和国和中华人民共和国的矿石在實驗室中做过試驗。

保加利亚矿石由于有砷黄鉄矿形式的砷（达0.22%）存在因此很有趣味。在选別这类矿石时与克里沃罗格磁鉄石英岩很相似进行两段选別，就是把粒度1—0毫米的尾矿分离出来并繼續把磁性部分再磨到0.1毫米，然后对它进行二次磁选。这样可以得到含鉄达59%和含砷0.02%的精矿，鉄的回收率达77%；这时砷黄鉄矿几乎全部排为尾矿。尾矿在淘汰盘上选別可以得到含砷达12—14%的砷精矿。

加以选別的原矿石含有40%的鉄和4.8%的硫。在这种情况下鉄的回收率較低的原因是含鉄硫化矿和含鉄硅酸盐都进入尾矿中的緣故。

中华人民共和国的磁鉄石英岩，就其組成和选矿工艺而言与克里沃罗格磁鉄石英岩相近。这种磁鉄石英岩最好进行两段选別，把1—0到0.3—0毫米的尾矿分离出来，把中矿再磨到0.10—0.07毫米，在磁力脫水槽上进行濃縮和选別之后对它进行二次磁选。对这种含鉄30—35%的矿石，按这一流程选別，可以得到含鉄60%以上的精矿，回收率为80—85%。

因此可以說对大部分細粒和微粒浸染的磁鉄矿石必須采用两段选別，并在粗磨后弃去尾矿；在把第一段选矿得到的磁性部分进行細磨矿，然后进行二次磁选，結果得到精矿。在第一段分离出精矿和进行一段选矿可能适用于这类矿石的某些变种。有必要得到含鉄量較高的精矿时，采用三段选矿可能是合理的。

这种简单的流程似乎不需要特殊的改进，也不应当造成生产

上的缺陷。但事实并不如此。这些流程必须加以完善，为了使选矿厂不停歇而有效地生产，要增添补充设备，特别是为了提高选矿效率要增添磁力脱水槽，为了保证进行正常的分级，在磨矿时进行退磁或对磨碎的原料进行预先分级，或者两种方法并用，等等。

磁选机的缺点之一是在处理细物料时有5—10%的非磁性非金属粒子机械地落入磁性部分中。为了提高这些磁选机的工作质量，В.Г.傑尔卡奇，Р.Б.沙皮罗和Л.П.列文（Левин）在实验室中研究直流线圈上利用交流电。交流电可以造成交变磁场并在磁性粒子相接近或是沿磁极移动时促进磁性粒子的磁骚动。在下部给矿的带式磁选机上进行干式磁选时，通入交流电得到了良好的结果。现在，正进行在湿法带式磁选机上通直流电的工作。其构造如图5所示。可以认为，这些工作得到显著的效果。此外，还预定进行槽式螺旋磁选机的研究工作。

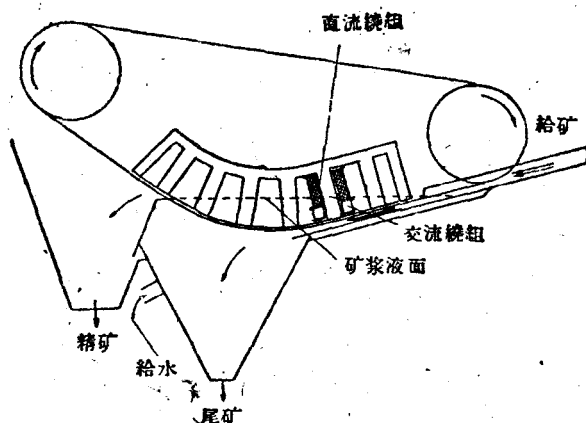


图5 有脉动磁场（恒定磁场和交变磁场）的带式磁选机示意图

根据选矿研究设计院所做的研究工作，设计了磁铁矿石的选矿厂；部分选矿厂近年内即可投入生产。选别克里沃罗格11号矿

区的磁鉄石英岩的大型选矿厂（克里沃罗格南部采选联合企业）已經設計完毕。有許多新的选矿厂都处在不同的設計阶段。

在最近几年內，在馬格尼特納雅山和沙雷姆矿床选別庫爾斯克磁力異常区的矿石的选矿厂投入生产。这些选矿厂都是根据更早期的研究由选矿研究設計院設計的。

对粗粒物料或細粒物料进行干式磁选的选矿厂正处于掌握的过程中。

根据工作組领导人 P.Б. 沙皮罗的数据应当指出这样一个事实做为磁系和运动的物料間距离的影响的例子：当磁选机的皮帶和磁极之間間隙为 45—75 毫米时，精矿中的回收率为 20—30%，当这一距离約減小一半时，回收率提高到 70—80%，而尾矿中的含鉄量以 32 降低到 19%。

磁鉄矿石是常見的一种鉄矿石，虽然看起来用磁选法进行选矿很簡單，但是必須对这一方法予以足够的注意。

重力选矿

重力选矿在實驗室中成功地用来处理假象赤鉄矿、赤鉄矿、水赤鉄矿、含軟錳矿的錳矿石和鉻鉄矿。現在，为了对大于 2（4）毫米的物料进行重选，完全肯定了在选择汰选矿前进行重悬浮液选矿的优点。但是在个别情况下，重悬浮液选矿并不能获得显著的改善，并由于物料的脆性而不适用，这是在处理西瓦格林赤鉄矿石时发现的。为了选別矿粉，愈来愈多地采用跳汰选。必須指出，矿粉在淘汰盘上选別完全可以得到良好的結果。因此，在只用一种重选法解决問題的情况下，就不能說拒絕采用淘汰盘。如果重选的中矿应当用浮选法选別，就沒有必要一定采用淘汰盘，因为跳汰选的結果与淘汰盘选別的結果没有什么显著的不同。跳汰选与淘汰盘比較起来是生产率較高而經濟的作业，因此采用跳汰选往往是較合理的。

現在，采用跳汰选受到物料粒度的限制，要求不小于 0.3—0