

地质实验

一九七五年 第二辑

地质实验编写组主编

限国内发行

地质出版社

地 质 实 验

第 二 辑

地质实验编写组主编

地 质 出 版 社

地 质 实 验

第 二 辑

地质实验编写组主编

(限国内发行)

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1976年3月北京第一版·1976年3月北京第一次印刷

印数1—7,200册·定价0.55元

统一书号: 15038·新151

毛主席语录

认真看书学习，弄通马克思主义。

人的正确思想是从那里来的？是从天上掉下来的吗？不是。是自己头脑里固有的吗？不是。人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

要认真总结经验。

自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业，干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。

RWJ. 3111/02

目 录

岩 矿 鉴 定

- 电磁液体分离仪的原理与应用……………长春地质学院中心实验室、校办仪器厂 (1)
燕山某地锰方硼石矿床简介……………河北省地质局实验室 (9)

岩 矿 分 析

- 矿石中微量钴、镍的极谱连续测定……………任文康 (16)
铬尖晶石单矿物快速分析—干燥阴离子交换树脂快速分离铬的应用
……………内蒙古地质局实验室 (23)
铁矿中测定亚铁样品的碎样试验……………湖南省地质局 407 队实验室 (27)
用三价锰盐测定铬铁矿中亚铁……………郑大中 (28)
提高光谱半定量准确度的一点体会……………许毓华 (31)
应用离子交换富集、光谱定量测定矿石中铂、钯、金……………河南省地质局实验室 (36)
催化滴定法测定磷矿中的微量碘……………郑锡培 (40)
两种碳酸盐稀土矿物的微量分析……………山东省地质局实验室微量组 (44)
矿石中微量铈和钍的测定—阴离子交换分离、偶氮胂Ⅲ比色法
……………湖北省地质局实验室化二组 (48)
PMBP 萃取稀土时磷干扰的消除……………邓永桃 (54)
微量铈钍的色层分离纸条比色法测定……………李丽霞 (57)
用国产铀钍放射源快速测定铁……………江苏省地质局实验室 (61)
矿石中镍、铀、钍、钷、锡的 X 荧光光谱测定散射线内标法的应用 II
……………瞿秋福 张元福 (68)

技 术 革 新

- 环氧树脂胶在岩矿制片中的应用……………地质科学院地矿所磨片组工人 (74)
两用摄谱装置……………陈子芳 (77)
三相高温炉及继电数字显温自动控制器……………孙惠明 (78)
金刚石切石机简介……………江苏省地质局实验室 (83)

工 作 简 报

- 矿石中微量硒碲的方波极谱测定……………施凤翔 (85)
火焰原子法测定岩石矿物中的汞……………山东省地质局实验室原子吸收组 (86)
结晶紫萃取比色法测定矿石中微量硼……………黄承祺 (86)
PMBP 萃取分离偶氮胂Ⅲ比色测定矿石中钍……………杨信法 李秋娟 (87)
含硫矿石中硅酸盐亚铁的测定……………张丕训 (88)

电磁液体分离仪^①的原理与应用

长春地质学院 中心实验室
校办仪器厂

通过无产阶级文化大革命和批林批孔运动，我们在院党委的领导下，坚持“教育必须为无产阶级政治服务”，坚持“独立自主、自力更生”的方针，研究与试制了电磁液体分离仪。这种分离方法与设备是近年国外发展的新技术，无系统的资料，仅见零散的报导。在研制过程中，得到许多兄弟单位的热情帮助，经过两年的工作，先后完成四台试验样机与生产样机及配套的晶体管直流稳流器。

电磁液体分离仪，系在不均匀磁场中，以顺磁性液体为分离介质，根据矿物的比重和磁化系数两种物理性质的差异，分离非磁性及部分弱磁性矿物的一种设备。它的结构简单，性能稳定，操作方便，使用安全，有利于推广与普及。与重液分离法比较，不仅使用的介质价格低廉，来源充足，并且介质无毒性或毒性甚小。对分离高比重（4—21）的非磁性及部分弱磁性矿物更有特殊意义，同时对某些矿种的工业选矿开辟了新的途径。

我们在研制过程中，由于缺少参考资料，实践经验少，理论水平低，工作时间短，必然存在缺点与错误。但为使这项新技术更快地为地质生产服务，现简要汇报我们不成熟的看法与体会，供参考。希望批评指正。

一、电磁液体分离仪的工作原理

电磁液体分离方法是在不均匀磁场中，以顺磁性液体为介质，分离非磁性与某些弱磁性矿物的新技术。它要求一个不均匀的强磁场，在这点上与其他磁选法相同，但它要求不均匀强磁场需要按特定的规律变化，同时使用特殊的分离介质，在这点上又与其他磁选法有区别。它的工作原理就是讨论与阐明在这种特定条件下，矿物在顺磁性介质中分层与运动的规律。

在仪器分离矿物的过程中，是使比重和磁化系数不同的非磁性与某些弱磁性矿粒沿X轴方向在不同高度上分层，以造成使它们分离的条件。起主导作用的是磁场强度沿X轴方向的变化，因此，首先讨论磁场强度沿X轴按一定规律变化的情况（Y方向的梯度变化很小，可以忽略。Z方向的梯度变化暂不考虑）。

如在磁场强度 H 以 O 点为中心，沿X轴方向按一定规律减低的不均匀磁场中，放置一个形状与磁极间隙空间相当的容器 A 。 A 中盛有顺磁性液体，如图1。

因为顺磁性液体在磁场作用下呈静止状态，故可由液体的静力平衡条件进行分析，

① 近年来沿用“电磁重液分离”一词，其概念不确切，极易将顺磁性液体与常用的重液混淆，造成错误的理解。因此，我们将此种分离改用“电磁液体分离”表明。电磁液体分离的概念是：在不均匀磁场中，使用顺磁性液体为分离介质，根据矿物的比重与磁化系数两种物理性质的差异分离非磁性及部分弱磁性矿物。

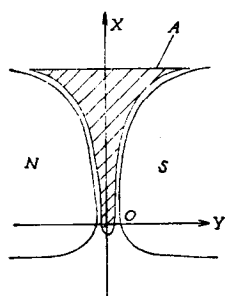


图 1

我们可以在顺磁性液体中，从磁极的对称轴线X上，取一面积为V的小孤立体。因为它的体积很小，则可假定在其所占空间内磁场强度的相对变化很小，即 $\frac{dH}{dX}$ 可视为常数。因为液体是顺磁性的，故此孤立体所受的力 f 应为：

$$f = \rho_2 V g + K_2 V H \frac{dH}{dX}.$$

式中：第一项 $\rho_2 V g$ 为孤立体所受的重力，方向向下。第二项 $K_2 V H \frac{dH}{dX}$ 为孤立体所受的磁力，方向向下，与磁场梯度方向

相同。

所分出的孤立体受的作用力必满足静力平衡条件，即介质（液体的其他部分）对孤立体的作用力 f' 必与 f 的大小相等、方向相反、作用在一条直线上，即：

$$f' = -f = -\left(K_2 V H \frac{dH}{dX} + \rho_2 V g\right).$$

式中： $-\rho_2 V g$ 是介质对孤立体的浮力， $-K_2 V H \frac{dH}{dX}$ 则是由于孤立体受磁力作用而引起的反作用力，我们称为磁浮力。

孤立体在X轴方向所受诸力，如图2。

如用一体积与此孤立体相等的矿粒 a 取代原孤立体在顺磁性液体中的位置时，则可进一步分析矿粒 a 的受力状况和需要满足的平衡条件。

忽略其他非主要因素，矿粒 a 在X轴方向上的受力状况与前面分析的顺磁性液体孤立体相同。但由于矿粒的比重及磁化系数均与顺磁性液体不同，故所受向下的力 f_a 应为：

$$f_a = \rho_1 V g + K_1 V H \frac{dH}{dX}.$$

由前，介质对矿粒的作用力：

$$f' = -\left(\rho_2 V g + K_2 V H \frac{dH}{dX}\right).$$

矿粒 a 在顺磁性液体中的平衡条件为：

$$f_a + f' = 0,$$

$$\rho_1 V g + K_1 V H \frac{dH}{dX} - \left(\rho_2 V g + K_2 V H \frac{dH}{dX}\right) = 0.$$

$$\therefore V \neq 0,$$

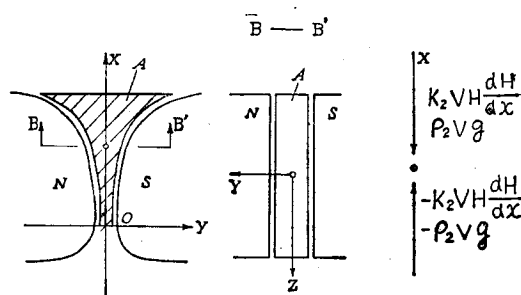


图 2

$$\therefore (\rho_1 - \rho_2)g - (K_2 - K_1)H \frac{dH}{dX} = 0.$$

$$\text{令 } \rho_1 - \rho_2 = \Delta\rho,$$

$$K_2 - K_1 = \Delta K,$$

$$\text{则 } \Delta\rho g - \Delta KH \frac{dH}{dX} = 0. \quad (1)$$

式中： ρ_1 、 ρ_2 ——分别为矿粒与顺磁性液体的比重；

K_1 、 K_2 ——分别为矿粒与顺磁性液体的磁化系数；

H ——磁场强度；

$\frac{dH}{dX}$ ——在 X 方向上的磁场梯度；

V ——矿粒体积；

g ——重力加速度。

(1) 式是研究矿粒在顺磁性液体中平衡规律的基本方程式。它可用液体的静力平衡条件导出，亦可用矢量分析方法导出（此处从略）。

由(1)式可以看出，只要 ρ_1 、 K_1 与 ρ_2 、 K_2 及 $H \frac{dH}{dX}$ 间的关系能满足(1)式的条件时，则矿粒将在满足(1)式条件的高度（即一定的 X 值）上悬浮，否则矿粒将向上或向下运动。

分离过程中，在 ΔK 沿 X 轴方向的变化可以忽略的条件下，对一定的介质与矿粒来说， $\frac{\Delta\rho g}{\Delta K}$ 就等于一个确定数值 C ，则(1)式可写成：

$$\frac{\Delta\rho g}{\Delta K} = H \frac{dH}{dX} = C. \quad (2)$$

矿粒的 C 值是其磁化系数与比重在一定的顺磁性液体中的综合体现。它表明在介质中满足平衡条件所需要的磁力（ $H \frac{dH}{dX}$ ）与在 X 轴上悬浮的高度。因此，引入 C 值这一概念不仅是为了便于讨论问题，同时也符合实际情况。

如由矿物 a_1 、 a_2 与 a_3 所组成的样品，它们的 C 值分别为 $C_1 > C_2 > C_3$ ，则其分层情况与 C 值的关系见图3。

此结果在分离过程中表现为在相同高度上悬浮的矿粒其 C 值必定相同。在矿粒数目很多的实际分离过程中，同一种矿粒将在顺磁性液体中成为悬浮高度相同的一层，不同的矿粒将因其 C 值不等而分为悬浮高度不同的矿粒层。组合中各矿粒 C 值的差，在分离过程体现为在液体中各矿粒层的悬浮高度差。此差值达到一定数值时，则提供了实际分离的可能，并保证可靠的分离效果。

在上面的分析中，未考虑 Z 方向的梯度变化。由于磁极的宽度与高度的尺寸都比较小，磁极的边缘效应不能忽略。因此，

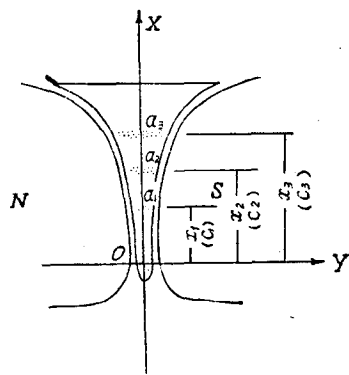


图 3

$$\frac{\partial H}{\partial X} \neq 0.$$

这样, 在 Z 方向上, 矿粒所受作用力的合力 $f_z \neq 0$ 。 $f_z = -\Delta KH \frac{\partial H}{\partial Z}$, 其方向与 $\frac{\partial H}{\partial Z}$ 的方向相反。

由磁极的几何形状所决定, 在磁极间隙中, $\frac{\partial H}{\partial X}$ (因现在考虑磁场强度在 Z 方向有变化, $\frac{dH}{dX}$ 应以 $\frac{\partial H}{\partial X}$ 表示) 较 $\frac{\partial H}{\partial Z}$ 的变化快得多。因此, 只有当矿物沿 X 轴方向运动到接近平衡位置时, f_z 才起主导作用。在 f_z 的作用下, 将使分层后的矿粒沿 Z 轴向一侧运动。当矿粒接近磁场边缘时, f_z 有最大值, 使矿粒获得较大的速度脱离磁极间隙。随着 $-\Delta KH \frac{\partial H}{\partial X}$ 与 $-\Delta KH \frac{\partial H}{\partial Z}$ 值的迅速减小, 它们以近似抛物线的轨迹降落。此结果将使分层后的

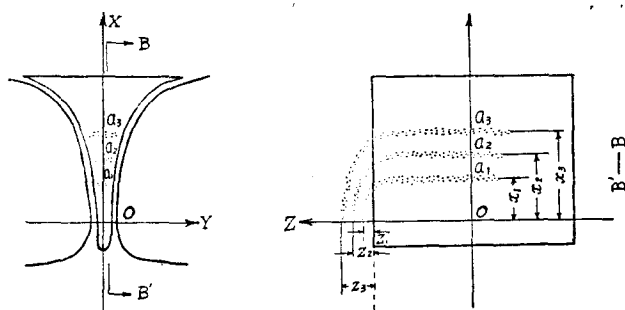


图 4

使矿粒向侧向运动的速度 (但必须保证分层条件不被破坏)。某组合中的三种矿物在实际分离过程中的运动轨迹, 如图 5。

通过以上分析, 我们认为电磁液体分离仪在理论上有着充分的根据, 并为实践所证实。它不局限于分离非磁性矿物, 并包括在具体分离条件下能满足上述平衡方程式的弱磁性矿物。当矿物的 C 值大于仪器所能提供的最大 $H \frac{dH}{dX}$ 值时, 则该矿物在顺磁性液体中不能悬浮。在一般情况下, 这说明不能使用电磁液体分离仪分离该矿物。但若所需分离的矿物组合中只有一种矿物的 C 值大于仪器所能提供的最大 H

$\frac{dH}{dX}$ 值时, 仍能获得较好的分离效果。

矿粒向 Z 方向自动排出, 这是此种分离方法自动向侧向排矿的根据。图 4 为 C 值不同的三种矿粒运动轨迹示意图。

当磁极水平时, f_z 较小, 矿粒向一侧运动的速度缓慢 (磁极的宽度愈大, 此情况愈明显)。为此, 可适当调整磁极与水平面的角度 α , 利用矿粒的重力分力, 以加大

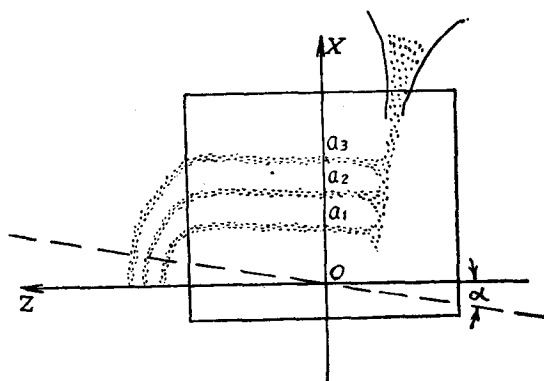


图 5

二、电磁液体分离仪的结构与技术性能

仪器主要由电磁铁、分离槽与直流稳流器等三部分组成，如图 6

(一) 电磁铁

(1) 磁极：

1 号磁极端面形状的极坐标方程式为：

$$r = r_0 \left(\frac{1}{\sin 2\theta} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad a \text{ 工作场取}$$

$r_0 = 14\text{mm}$ 。

两极间最小间距为 4mm。磁极宽度与高度为 $40 \times 40\text{mm}^2$ 。

磁极间隙中，磁力与 r 基本呈线性规律变化（无中性极），在磁极的对称轴线（X 轴）上， $H \frac{dH}{dX}$ 与高度（X）的关系曲线如图 7 中实线。另附 2 号磁极，供分离浮升电流值较大的不同矿物组合时选用。2 号磁极的 $H \frac{dH}{dX}$ 与高度（X）的关系曲线如图 3 中虚线。

材料为电工纯铁（其导磁系数 μ 经实测，平均值为 370）。

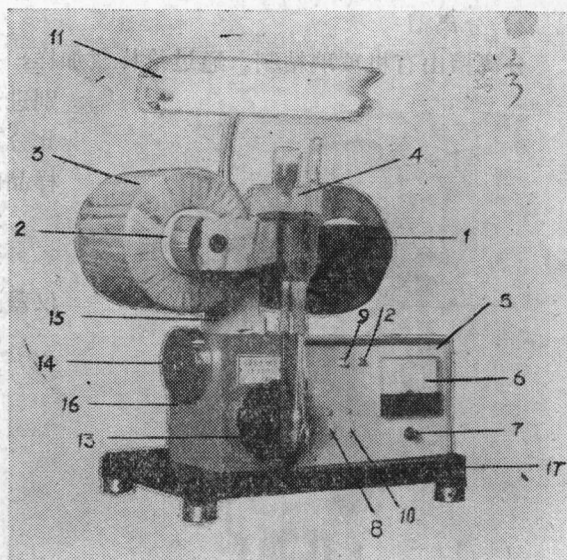


图 6

1—磁极；2—铁心；3—线圈；4—分离槽；5—直流稳流器；6—电流表；7—调节电流旋钮；8—电源开关；9—电源指示灯；10—照明开关；11—照明灯；12—过流保护指示灯；13—调节手轮；14—电磁铁倾角度盘；15—托架；16—蜗轮箱；17—底盘。

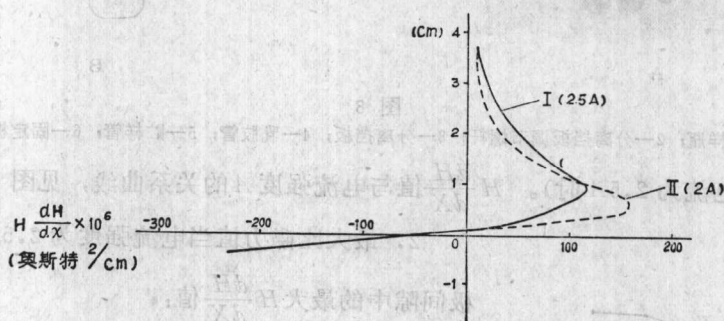


图 7

1、2 号磁极均可分为（a）、（b）两个工作场，如图 1 中 O 点以上称（a）场，O 点以下称（b）场。在一般情况下，均使用（a）场，当需要最大比磁力时（如浮升金）使用（b）场（此时将磁极翻转固定即可）。1、2 号磁极的（a）、（b）工作场的最大比磁力值见技术性能项。

(2) 磁路部分

磁路形式为闭合马蹄形，磁路总长度 900mm。铁心断面为 $45.5\text{cm}^2 (\phi 76\text{mm})$ ，材料

与磁极相同。铁心上对称安装2100匝的激磁线圈两个（导线直径1.62mm）。

电磁铁固定在铝质托架上，托架与蜗轮箱中的蜗轮连成一体。蜗轮由蜗杆传动与锁，蜗杆与调节手轮连接。转动调节手轮，可改变磁极（包括电磁铁）与水平面所成的角度。角度调节范围为 $\pm 15^\circ$ 。

2. 分离槽

分离槽由有机玻璃粘制。通过给样瓶加样，排矿口的挡板位置可调。分离后的样品分

别进入三个贮样管，分离槽的外形如图8A。

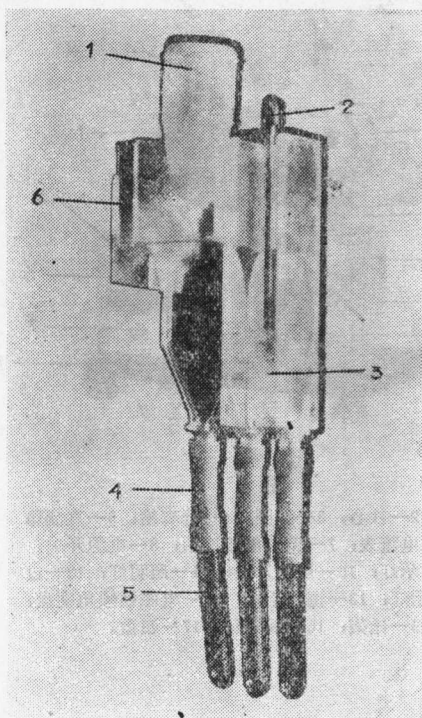
比分离槽当处理样品量较大时使用。分离微量样品时，可使用特制的玻璃管，如图8B。

3. 晶体管直流稳流器

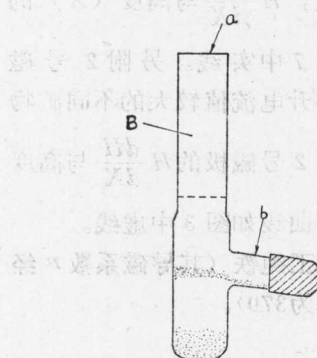
我们设计与生产的晶体管直流稳流器，与仪器配套使用。

电磁液体分离仪的技术性能

1. 磁场强度：最小间隙处(4mm) 不低于



A



B

图 8

1—给样瓶；2—分离挡板调节螺杆；3—分离挡板；4—乳胶管；5—贮样管；6—固定板

19000奥斯特（电流为2.5A时）。 $H \frac{dH}{dX}$ 值与电流强度A的关系曲线，见图9。

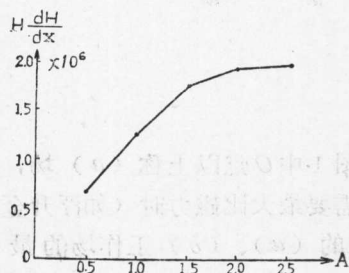


图 9

2. 最大比磁值当电流强度为2.5A时，1号磁

极间隙中的最大 $H \frac{dH}{dX}$ 值：

a 场 不低于 100×10^6 奥斯特²/厘米；

b 场 不低于 210×10^6 奥斯特²/厘米。

当电流强度为2.0A时，2号磁极间隙中的最大H

$\frac{dH}{dX}$ 值：

a 场 不低于 140×10^6 奥斯特²/厘米；

b 场 不低于 220×10^6 奥斯特²/厘米。

3. 分选矿物的粒度: $0.5-0.038\text{mm}$ (370目)
4. 仪器生产能力: 粒级为120—160目时, 克10/小时。
5. 最小处理样品量: 50mg以下。
6. 直流稳流器:
 - (1) 直流电流连续调节范围 $0-3\text{A}$
 - (2) 稳定度 0.5%
 - (3) 电 源 $220\text{V} \pm 10\% 50\text{Hz}$
 - (4) 工作温度 $-10^{\circ}\text{C} - +50^{\circ}\text{C}$
 - (5) 过流保护值 直流 $3.5-4\text{A}$ (半可调)
7. 功率消耗 最大 600VA 。
8. 仪器连续工作时间: 4小时 (电流为 2.5A)
9. 线圈表面允许温度: 小于 70°C
10. 仪器工作条件: 室温不低于 10°C (以免介质浓度过低)
11. 磁极可调角度: $0-\pm 15^{\circ}$
12. 外形尺寸 (包括直流稳流器) $400 \times 280 \times 450\text{mm}^3$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)
13. 总重量 (包括直流稳流器): 约 80kg

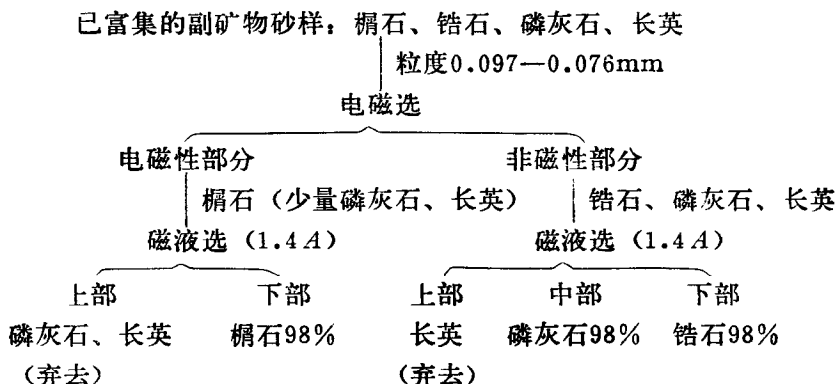
三、仪器的应用效果

由于测试的样品数目有限, 又是在不同样机与不同磁极上陆续进行的, 因此不够系统。下面重点介绍几个样品的分离流程。样品的分离纯度由目估确定。使用的分离介质, 除特殊注明外, 一般为 $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ (三级品, 比重 1.591) 和 MnCl_2 。

(1) 锆石、磷灰石及榍石分别提纯实例

辽宁某地质队在已富集的副矿物锆石、榍石、磷灰石与少量长石、石英的组合中, 需分别提纯锆石、磷灰石与榍石。粒度为 $-160+200$ 目。矿样经电磁选后, 分别用电磁液体分离仪处理, 得到的榍石、锆石与磷灰石的纯度均为 98% 。过去该样品用人工挑选, 一个样需 $1.5-2$ 个月, 现在用磁液分离仪处理, 每个样品平均为 2 小时左右。

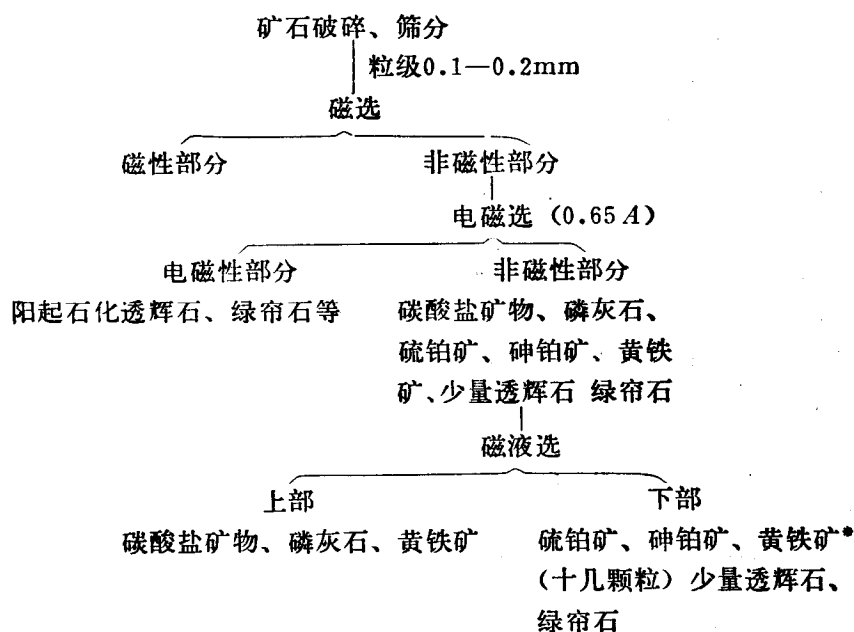
分离流程为:



(2) 河北某地透辉岩类型以硫铂矿、砷铂矿为主的铂矿物分选流程:

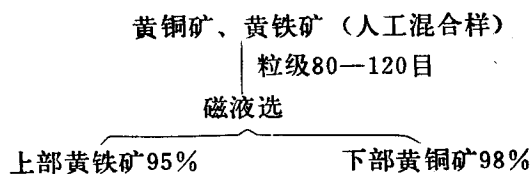
此类矿物分离特点是, 需提纯矿物的比重均比较大, 如硫铂矿 9.5 砷铂矿 $10.5-10.7$

等。在电磁液体分离前已经其他方法富集，精矿的数量较少。分离过程中，不要求很高的纯度，但要保证铂矿物尽可能不损失或损失最小。



• 此黄铁矿与轻部分中的黄铁矿不同，可能含Ni、Co元素。

(3) 弱磁性矿物的分离流程：



本文限于篇幅，尚有若干问题未予涉及，准备在另文中分别讨论。

河北某地锰方硼石矿床简介

河北省地质局实验室

锰方硼石矿床产于我国河北震旦系下统长城群高于庄组地层内。从一九七一年八月开始,我室在配合工作中,经过二年多室内和野外的反复实践,对该矿床的含硼矿物作了较为系统的鉴定,确认是我国首次发现的一种新的硼酸盐矿物——锰方硼石。并通过对含矿地层、矿物成分、矿床成因等研究,初步评价为一个具有一定规模和远景的新型硼矿床。

锰方硼石虽于一九六二年发现于美国德克萨斯(Texas)的钱柏斯(chambers)县,但并未形成矿床。故锰方硼石及其矿床在我国首次发现是具有重要的矿物学和矿床学意义。

在我室岩矿、化验、选矿人员的共同努力下,及时地较系统地总结了我国锰方硼石的矿物特征;摸索和制定了锰方硼石的多种化学分析方法;解决了硼、锰分离的工艺问题,初步摸清了矿石可选性能和矿石工业利用的途径、其成果表明,锰方硼石矿石选冶工艺简单,综合利用完善,工业利用经济合理,是我国工农业急需的资源,是社会主义建设的宝贵财富。

我国幅员辽阔,震旦系地层广泛出露,为在我国寻找同类型矿床提供一点线索,本文仅就矿床地质、矿物组分、矿石类型、矿床成因及找矿标志等作一概要介绍,其中以介绍锰方硼石矿物特征为主。但由于时间仓促,水平所限,文中可能存在不少谬误之处,请读者批评指正。

一、矿床地质概述

(一) 含矿地层

区内震旦系地层出露完整,矿体赋存于震旦系下统长城群高于庄组第二段下部岩层内,含矿层长达数十余公里。由下而上可划分五个小层(见图1):

1. 显微层状含粉砂微晶白云岩与含锰页岩互层,夹含锰粉砂岩,呈薄板状。厚6.90—10.00m,为矿层下盘岩层。

2. 显微层状含粉砂微晶白云岩:新鲜面灰黑色,风化后呈猪肝色,薄板状,厚8.90—16.00m,锰方硼石矿层赋存于其中。

3. 含锰页岩夹部分含锰粉砂微晶白云岩:风化后为土黄色夹咖啡色,新鲜面灰黑色,岩石为薄片状或薄板状。为矿层顶板岩层。厚7.00—11.54m。

4. 含锰页岩和含锰粉砂质白云岩:厚7.80—14.90m。

5. 含锰粉砂质白云岩夹部分含锰页岩,厚3.20—10.92m。

含矿岩层之上为泥沙质灰岩等,多为灰色和灰白色,无锰,与下伏地层差异明显。

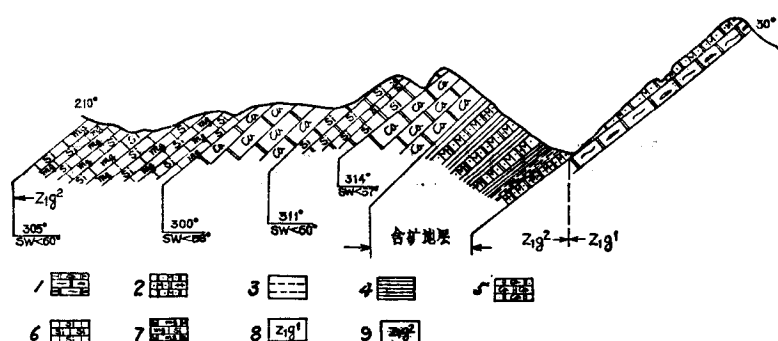


图 1 第 IV 矿段 19 号地质剖面图

1—含锰石条带白云岩；2—含锰粉砂质白云岩；3—锰硼矿体；4—含锰页岩；5—钙质白云岩夹薄层状页岩；6—硅质白云岩夹薄层状页岩；7—白云质灰岩硅质白云岩互层夹薄层状页岩；8—高于庄组第一段；9—高于庄组第二段

(二) 矿体的形态、产状

锰方硼石矿层均呈似层状、扁豆状、透镜状、“筒状”等形态产出。大致可分出四层，但向西层数减少以至渐趋尖灭。除第一层矿连续性较好，厚度较大外，其他三层连续性很差，实际上为大致局限于一定岩层内的一些透镜体、“筒状”体。厚度变化亦大。

几层矿层之间均有锰方硼石变鲕体呈星点状分布于含粉砂微晶白云岩中，有时密集而成似层状和小透镜状，间或见到呈囊状者（矿包）。一般三氧化二硼的含量小于3%，是为含矿沉积岩。

矿层产状与岩层产状一致。

二、矿石矿物组成及锰方硼石矿物特征

原生沉积带中矿石矿物组合为：锰方硼石、菱锰矿（钙菱锰矿）、铁白云石、锰方解石、铁质方解石、方解石；碎屑矿物有石英、长石（微斜长石、斜长石）、黑云母、白云母、磷灰石、黑电气石、金红石、锆石、绿泥石；此外尚见有粘土矿物（蒙脱石、水云母）、燧石、有机炭；金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿。

氧化带矿物组合中的锰方硼石、菱锰矿在地表条件下变为硬锰矿、软锰矿、褐铁矿、高岭石等。

现将锰方硼石等主要矿物特征描述如下：

(一) 锰方硼石

1. 物理性质：一般为不规则粒状（照片 1、2），集合体呈变鲕状、变豆状（照片 3、4），一般变鲕或变豆的长轴方向一致，且与含矿沉积岩层理近于直交（照片 4），但有的不甚明显。颜色从白色至白色微灰，油脂—玻璃光泽；无解理，裂纹发育，贝壳—不平坦状断口，硬度 7；比重 3.48 ± 0.01 （显微比重法测定）， 3.49 ± 0.01 （比重瓶法测定）；比磁化系数为 $88.75 \times 10^{-6} \text{C. G. S. M. 厘米}^3/\text{克}$ 。

2. 光学性质：薄片切面形态一般为他形粒状，偶见自形晶（照片 5）。一般为变鲕和变豆状集合体（照片 2、4），亦有呈单体和包体（照片 6）者。单体粒度从大于 0.2mm 至小于 0.02mm，一般为 0.05~0.10mm。无色透明，正突起高，糙面显著，无解理，裂纹发育。正交偏光镜下最高干涉色一级橙黄，通常为一级灰白色，常见锥状双晶（类似钙

质石榴石呈现光性异常时所见者) (照片 7), 少见聚片双晶 (照片 5)。二轴正晶, 光轴角较大, 色散弱, $r > v$ 。其主要光学常数见表 1:

表 1 我国与美国锰方硼石的光学常数对比

光 学 常 数 \ 产 地	我 国	美 国
Ng	1.745	1.744
Nm	1.736	1.737
Np	1.731	1.732
Ng-Np	0.014	0.012
轴性、光性	二轴晶、正光性	二轴晶、正光性
光轴角 (2V)	75° (根据鲍尔迪列夫) 74°30' (计算值)	83° ± 3°

3. 化学性质:

锰方硼石是一种无水的氯硼酸锰, 根据单矿物化学分析结果计算其化学式为 $Mn_3B_7O_{13}Cl$, 其化学成分见表 2。

表 2 我国与美国锰方硼石的化学全分析

化 学 成 分 % \ 产 地	我 国	美 国	理 论 成 分
B ₂ O ₃	49.20	49.50	50.3
MnO	41.92	41.87	43.97
Cl	6.85	6.34	7.32
FeO	1.08	1.28	—
CaO	0.09	痕 迹	—
MgO	0.03	0.05	—
其 它	TiO ₂	0.40	0.32
	Al ₂ O ₃	0.18	0.12
	Na ₂ O	0.05	0.05
	K ₂ O	0.02	0.03
	TiO ₂	0.02	痕 迹
	H ₂ O +	0.36	0.87
总 计	100.20	100.43	101.65

4. 晶系和晶胞参数^①:

α -锰方硼石 (我国 < 400℃; 美国 < 407℃) 斜方晶系, 空间群 $C_{2v}^2 - P_{ca}Z_1$ 。

β -锰方硼石 (我国 > 400℃; 美国 > 407℃) 等轴晶系。

晶胞参数 (α -锰方硼石):

$$a_0 = 8.69 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 8.69 \text{ \AA}$$

① 主要采用美国资料, 晶胞参数的计算系采用美国锰方硼石的指标化 (hkl) 数据, 运用公式而求的。

$$c_0 = 12.31 \text{ \AA}$$

$$a_0 : b_0 : c_0 = 1 : 1 : 1.417$$

$$z = 4$$

X-光粉晶分析：(粉晶照片及粉晶数据从略)。通过X-光粉晶分析可以看出，我国与美国锰方硼石的几条特征强谱线是很近似的。

5. 差热分析：差热曲线由两个吸热谷组成，与美国锰方硼石的差热曲线相似。在400℃左右(美国407℃)处有明显的吸热效应；1070℃(美国在1065℃)处，有强烈的吸热谷，谷形极为陡峻(差热曲线从略)。

6. 特效鉴定：

(1) 用1, 2, 5, 8-四羟蒽醌(醌茜素)溶液可将该矿物颗粒染成蓝色至紫蓝色。

(2) 置矿物粉末于坩埚中，加入浓硫酸，加热至将要蒸干时，再加入酒精点燃，则矿物火焰呈现鲜绿色。

(3) 该矿物在紫外光的照射下，发微弱的紫蓝色萤光。

(4) 该矿物溶于盐酸。

(二) 菱锰矿

常呈不规则粒状(照片8)、柱状，大小不等，从0.5~0.004 mm，亦呈变鲕、变豆状集合体出现。此外尚见有菱面体自形晶或呈小柱状包裹于铁白云石中，有的呈微晶—隐晶状胶结碎屑矿物。

(三) 铁白云石

可分为原生沉积的和后生的两种，前者为沉积岩的主要成分，主要以微晶—显微晶质结构出现，胶结碎屑矿物，其次为他形—半自形晶分布于菱锰矿的核部；后者或呈细脉状出现，或呈显微针状集合体充填交代锰方硼石。

(四) 黄铁矿

一般为不规则粒状，亦见有立方体自形晶，粒度较细。呈星点状分布或沿层理富集，有时成小透镜体。

碎屑矿物主要为石英，其次为长石，云母少量，电气石和磷灰石少见。碎屑一般为棱角—次棱角状，分选差。

岩石中炭质含量较高，有的高于4%，至使有些薄片不透明。

三、矿石类型

根据有用矿物成分可分出如下矿石类型：

(一) 锰方硼石矿石，主要由变鲕、变豆状锰方硼石组成，菱锰矿很少或没有，三氧化二硼含量3—45%；

(二) 菱锰矿矿石；

(三) 混合型矿石。

矿石的结构见有：变鲕状结构、变豆状结构、交代残余结构等。构造见有：块状构造、脉状构造、斑点状构造、斑点条带状构造等。