



中国地质科学院地矿所

砂矿物鉴定手册

地 质 出 版 社

砂 矿 物 鉴 定 手 册

中国地质科学院地矿所编著

地 质 出 版 社

砂矿物鉴定手册

中国地质科学院地矿所编著

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

1977年6月北京第一版·1977年6月北京第一次印刷

印数1—5,150册 定价1.80元

统一书号:15038·新201

前 言

我国的重砂分析工作早在五十年代初期就已开始,随着地质事业的蓬勃发展,重砂工作取得了显著成绩。以往曾出版过几本重砂分析的书籍,对普及重砂工作起了推动作用。近二十年来,重砂分析在区域地质调查、矿床评价、综合利用与矿床成因研究等方面均已成为重要手段,并积累了丰富的经验和资料。遵照毛主席“要认真总结经验”的伟大教导,将我国重砂分析的实践经验加以总结,并汲取外国的有益资料,进一步编写适合我国情况的重砂分析书籍,已为当前日益发展的重砂工作所急需。本书正是为此目的所做的初步尝试。

本书内容侧重在砂矿物的鉴定方法与砂矿物鉴定数据方面。在绪论中简述了砂矿工作的概念、意义、现状与发展方向。在方法部分里,介绍了矿物分离、鉴定和定量等各种方法。对一般常用方法的基本原理、操作程序、适用条件与影响因素等皆有说明,同时还介绍了一些新方法。在矿物各论一章里,共搜集了砂矿物(包括亚种)与风化壳主要工业矿物近400种,按其主要成分分十二类,首先介绍各类矿物的一般特征及其鉴定方法,然后分述矿物的物理性质、化学性质与光学性质。讨论矿物的鉴定特征,其中对有工业意义与作为找矿标志的矿物描述较详,而对砂矿中大量存在的轻矿物仅做一般描述。书中还附有砂矿物综合特征表、折光率表、比重表、硬度表。为了配合文字描述,帮助读者掌握矿物鉴定特征,选择了砂矿物晶形照片一百张左右。

本书是根据各兄弟单位大量实际材料与国外有关文献,并加上编者自己的点滴体会写成。书中图件和照片由地质矿产所同志清绘和拍摄。在编写过程中,得到不少省、市、自治区地质局的同志鼓励、支持。广东省地质局组织审查小组详细审阅了初稿,提出了不少宝贵的意见和建议,随后湖南、广东两省地质局有关同志又介绍了一些实践经验,第二海洋地质大队提供了若干重砂矿物照片,并介绍了照象修版方法,这些无疑都有助于提高本书的质量。编者谨向上述单位致以诚挚的谢意。由于我们水平不高,实践经验不足,加以时间短促,书中定有不少遗误之处,希望各方面予以批评指正。

地质矿产研究所砂矿物鉴定手册编写小组

一九七五年十二月

目 录

绪 论	1
一、砂矿的形成及其经济意义	1
二、砂矿物的物质组成与原岩的关系	1
三、重砂分析工作的现状与发展趋势	1
第一章 重砂矿物的分离方法	5
第一节 分离前的准备工作	6
(一) 筛分	6
(二) 沉降分析	7
(三) 缩分	9
第二节 按矿物的比重分离	9
(一) 手工淘洗	9
(二) 机械淘洗	10
1. 摇床	10
2. 振动溜槽	11
3. 皮带溜槽	12
(三) 吹扬分离	12
1. 砂金曲管吹扬分离仪	12
2. 斜槽式砂金吹选机	12
(四) 重液分离	12
(五) 重液离心分离	14
(六) 重熔合体分离	14
第三节 按矿物的磁性分离	15
(一) 磁选	17
(二) 电磁选	17
第四节 按矿物的电性分离	21
(一) 静电分离	21
(二) 高频介电分离	21
第五节 按矿物的表面性质分离	24
第六节 按矿物的化学性质分离	24
(一) 泡铋矿与白钨矿的分离	25
(二) 铌铁金红石与易解石的分离	25
(三) 独居石与铌铁矿、铌铁金红石的分离	25
(四) 长石与石英的分离	25
第七节 关于分离流程的选择	25

第二章 重砂矿物的鉴定方法	29
概述	29
第一节 双目镜下鉴定	30
(一) 外形	31
(二) 粒度	31
(三) 颜色	31
(四) 条痕	32
(五) 光泽	32
(六) 透明度	33
(七) 解理	33
(八) 断口	34
(九) 硬度	34
(十) 展性与脆性	35
(十一) 连体与包体	35
第二节 油浸法	35
(一) 浸油	36
(二) 油浸薄片的制备	37
(三) 对比折光率的方法	37
(四) 主折光率的测定	38
1. 找主折光率切面的方法	39
2. 统计法	40
第三节 微化分析	40
(一) 火焰反应	43
(二) 珠球反应	43
(三) 薄膜反应	43
(四) 斑点反应(点滴反应)	43
第四节 光谱半定量分析	45
第五节 比重测定	46
(一) 悬浮法	47
(二) 显微比重法	50
(三) 扭力天平法	51
(四) 比重瓶法	51
(五) 方法评述	53
第六节 发光性测定	53
(一) 紫外线分析仪	53
(二) 阴极射线仪	55
(三) 栾琴射线仪	55
第七节 其它分析法	56

(一) 放射性测定	56
(二) 激光显微光谱分析、电子探针分析、X光粉晶分析、差热分析	57
第三章 重砂矿物的定量方法	58
第一节 矿物定量法	58
(一) 目估法	59
(二) 数粒法	59
(三) 比重法	60
(四) 称重法	60
第二节 化学定量法	60
(一) 化学计算法	61
(二) 选择溶解法	62
(三) 光谱定量法	62
第四章 砂矿物各论	64
一、锂、铍矿物	64
锂辉石 锂蓝闪石 锂云母 金绿宝石(变石、猫眼石) 硅铍石 蓝柱石 绿柱石(纯绿宝石、水蓝宝石、玫瑰绿柱石、黄金绿柱石) 日光榴石类(日光榴石、铍榴石、锌日光石)	
二、稀土和锆矿物	70
方钨石 钽铋矿 砷铋矿 氟碳铈矿 独居石 磷钇矿 磷铝铈矿 硅铍钇矿 褐帘石 磷稀土矿 锆石(水锆石、曲晶石、铅锆石、山口石、大山石、波方石、苗木石)斜锆石	
三、铌、钼矿物	81
烧绿石 细晶石(铀细晶石、铪细晶石、铅细晶石、钡细晶石) 铈铌钙钛矿 铌铁金红石 钼铁金红石 褐钇铌矿 黄钇钼矿 重钼铁矿(重铌铁矿、锰重钼铁矿) 铌铁矿 钼铁矿 黑稀金矿 复稀金矿 易解石(震旦矿、铌易解石、钼易解石、钽易解石、铝易解石) 钒易解石 铌钒矿(钛铁铌钒矿) 钼钠石 钼锡矿	
四、铀、钍矿物	93
晶质铀矿 沥青铀矿 脂铅铀矿 钍铀矿 铜铀云母(变铜铀云母) 钙铀云母 硅钙铀钍矿 硅钙铀矿 钍石(橙黄石、铀钍石、铁钍石、水钍石、稀土磷钍石) 方钍石(铀方钍石)	
五、贵金属矿物	98
自然金 银金矿 碲金银矿 自然银(金银矿、汞银矿、铜银矿、砷银矿、铋银矿) 碲银矿 辉银矿 淡红银矿 自然铊 自然镓 自然铟 自然铂类(粗铂矿、铁铂矿、铋铂矿、钯铂矿、铜铂矿、镍铂矿) 铱铂矿类(铱铂矿、铋铱矿、铋铱铂矿、钨铱铂矿、钨铱矿、钨铱矿) 铋铱铂矿 铋铱铂矿 等轴铱铋矿(等轴金铱矿) 铂铋矿 汞铋矿 钯金矿 铂金矿 铱金矿 硫铱矿 硫铋矿 硫铋铋矿 硫铂铋矿 硫铂铋矿 硫铂铋矿 硫铂铋矿 金	

刚石(圆粒金刚石、浅红晶石、黑金刚石)

六、铁、锰矿物112

自然铁 黄铁矿 磁黄铁矿 白铁矿 毒砂(铁硫砷钴矿) 磁铁矿(钛磁铁矿)
赤铁矿(镜铁矿) 褐铁矿(针铁矿) 菱铁矿 臭葱石 硬锰矿(锰土) 软
锰矿 褐锰矿(铁褐锰矿) 菱锰矿

七、铬、镍、钴矿物122

铬尖晶石类(铬铁矿、镁铬铁矿、铝铬铁矿、硬铬尖晶石) 镍华 辉钴矿(铁
辉钴矿) 钴华

八、钛矿物125

钛铁矿(镁钛矿、镁钛铁矿) 金红石(铁金红石) 锐钛矿 板钛矿 钙钛矿
(铈钙钛矿) 榍石(钇铈榍石) 褐硅钠钛矿 白钛石

九、钨、锡、钼矿物132

黑钨矿(钨铁矿、钨锰矿) 白钨矿(铜白钨矿) 钨铅矿 斜钨铅矿 自然锡
黝锡矿 锡石 铋锡矿 钙硅锡矿 辉钼矿 钼钙矿

十、铜、铅、锌矿物139

自然铜 黄铜矿 辉铜矿 黝铜矿 砷黝铜矿 斑铜矿 铜蓝 车轮矿 赤铜矿
孔雀石 蓝铜矿 磷铜矿 透视石 自然铅 方铅矿 钼铅矿 白铅矿 铅矾
磷氯铅矿 钒铅矿 砷铅矿 铬铅矿 铅黄 硅铅铅矿 自然锌 闪锌矿(铁闪
锌矿、纯闪锌矿) 菱锌矿 水砷锌矿 水锌矿 钒铅锌矿 硅锌矿 异极矿

十一、砷、锑、铋、汞矿物157

雄黄 雌黄 辉锑矿 锑铁钛矿 钛锑钙石 锑钙石 硫氧锑矿 锑华 锑铁矿
锑线石 自然铋 辉铋矿 辉碲铋矿 铋华 泡铋矿 辰砂

十二、非金属矿物164

(一) 自然元素、氟化物、氧化物等矿物

石墨 琥珀 黑曜石 萤石 刚玉(红宝石、蓝宝石) 硬水铝石 尖晶石(镁尖晶
石、镁铁尖晶石) 锌尖晶石 石英(紫水晶、黄水晶、砂金石、玉髓、玛瑙、碧玉)
蛋白石(贵蛋白石、玻璃蛋白石)

(二) 硫酸盐、碳酸盐矿物

重晶石 硬石膏 天青石 方解石 白云石 菱镁矿 菱锆矿

(三) 磷酸盐矿物

磷灰石(氟磷灰石、羟磷灰石、氯磷灰石、碳磷灰石) 胶磷矿 磷铝锆石、磷钽铝石
天蓝石

(四) 硅酸盐矿物

橄榄石(镁橄榄石、镁铁橄榄石、铁橄榄石) 黄玉 蓝晶石 红柱石(锰红柱石、
铁红柱石、空晶石) 夕线石(细夕线石、绿夕线石) 十字石 石榴石类(镁铝榴
石、铁铝榴石、锰铝榴石、钙铝榴石、钙铁榴石、钙铬榴石、钛榴石) 符山石(正
符山石、青符山石) 斧石 闪叶石 星叶石 堇青石 电气石类(黑电气石、镁电
气石、钙镁电气石、锂电气石) 硅灰石 蔷薇辉石 钙蔷薇辉石 斜方辉石(顽辉
石、古铜辉石、紫苏辉石、铁紫苏辉石) 透辉石 钙铁辉石 普通辉石 霓石(霓

透辉石、霓辉石) 斜方角闪石(直闪石、铝直闪石)单斜角闪石(透闪石、铁透闪石、阳起石、普通角闪石、玄闪石、钛角闪石) 蓝闪石 黝帘石(锰黝帘石), 斜黝帘石 绿帘石 红帘石、葡萄石 蓝锥矿 镁铁云母类(金云母、铁黑云母 黑云母) 白云母 硬绿泥石 绿泥石类(叶绿泥石、斜绿泥石、铁柱绿泥石、鲕绿泥石、鳞绿泥石、铬绿泥石、铬斜绿泥石) 海绿石 蛇纹石 硅镁镍矿 钾钠长石(微斜长石、正长石) 斜长石(钠长石、奥长石、中长石、拉长石、培长石、钙长石) 方柱石(钠柱石、钙柱石、针柱石、中柱石) 铝硅钡石

附表一 砂矿物综合特征表	208
附表二 砂矿物折光率表	209
附表三 砂矿物比重表	214
附表四 砂矿物硬度表	216
砂矿物照片图版	218
砂矿物名词索引	232
主要参考文献	241

绪 论

一、砂矿的形成及其经济意义

原生的岩石与矿石一旦暴露于地表，在长期的物理、化学风化作用下，不断遭到破坏与分解。其中不稳定的矿物逐渐被自然淘汰，能保存下来的碎屑矿物便称为砂矿物，而比重大于3的又称为重砂矿物。重砂矿物常具有比重大、物理性质和化学性质稳定等特点。在砂矿物中常有多种有用矿物，有时这些矿物在原岩中的含量并不高，而借助于长期的沉积分异作用能在一定条件下得到富集，当富集度达到工业开采要求时，便构成了砂矿矿床。砂矿矿床不仅产在现代沉积物中，还可赋存于古老沉积层里，后一种砂矿被称为古砂矿。如所周知，砂矿床具有采选易，成本低的优点，经济价值甚至超过同类型的原生矿床。迄今世界上绝大部分独居石、锡石、锆石、钛铁矿、金红石、铌钽铁矿、铸砂、磨料以及部分金刚石、压电石英、金、铂、铬铁矿等均取自于砂矿。

“砂里淘金”是一句广为流传的民间谚语，也是我国劳动人民从远古起开采砂矿的经验总结。解放后不久，我国便开始了对锡、金、钨、铂等砂矿的系统勘探与开采。大跃进以来，又陆续对钛与稀有金属等进行大量找矿勘探工作，并取得了显著的进展。特别是对残坡积砂矿与风化壳型矿床的勘探与研究，进一步扩大了砂矿资源的范围，把砂矿勘探工作推向了一个新阶段。

二、砂矿物的物质组成与原岩的关系

砂矿物是原岩破坏形成的，这种原岩就是砂矿物的母岩，两者之间存在着一定的继承和发展关系。了解某一地区的岩石和矿床，能预测该地区可能出现那些重砂矿物组合。这对找砂矿床和矿物鉴定工作都有好处。反之，在大面积覆盖地区，重砂组合也能反映出岩石的性质。表1按超基性岩，中基性岩、酸性岩、碱性岩和变质岩五大类分别叙述由这些岩石所形成的主要重砂矿物组合，并注明其中的特征矿物以及可能具工业意义的矿物。

一般来说，重砂矿物组合往往比其母岩的矿物成分简单。一些物理—化学性质不稳定的矿物，在岩石破碎，风化和搬运的过程中被自然淘汰，如霞石，白榴石和方钠石等在风化作用开始阶段就受到破坏，不成为砂矿物。此外，同源的冲积砂矿矿物组合比残坡积砂矿简单。而经长期分选的滨海砂矿物质成分最单纯，稳定矿物也最集中。某些砂矿物的相对迁移能力见表2，

某些砂矿物在化学风化时的稳定性见表3，

三、重砂分析工作的现状与发展趋势

我国的重砂分析工作，在短短的二十余年中取得了优异的成绩。无论在仪器设备上或鉴定与分析技术上都有很大提高。广大工人与技术人员为了多快好省地进行重砂分析，革新创造了多种仪器设备，如振动溜槽、皮带溜槽、精洗机、吹扬分离器、高频介电分离仪、高频高压静电分离仪等等，大大提高了矿物分离的速度和质量。对一些成分复杂和难以用物理方法分离、鉴定的矿石，地质人员与化验人员相结合，开展了物相分析试验，取得了

表 1

大类	亚 类	砂 中 主 要 共 生 矿 物	特 征 矿 物	可能有工业意义矿物
超 基 性 岩	橄榄岩、辉石岩、蛇纹岩	铬尖晶石、古铜辉石、橄榄石、金红石、刚玉、铂、石榴石、磁铁矿、钛铁矿	铬尖晶石、铬铁矿、镍黄铁矿、橄榄石、镁铁尖晶石、铂及铂族矿物、钙钛矿、钛辉石、镁铝榴石	铂族矿物、铬铁矿、钛铁矿
	金伯利岩	钛铁矿、磁铁矿、镁橄榄石、斜方辉石、透辉石、钛辉石、金云母、金刚石、赤铁矿、金红石、尖晶石、硬铬尖晶石、锆石、镁铝榴石、钙钛矿、磷灰石、蛇纹石、碳硅石	金刚石、含铬镁铝榴石、铬透辉石、镁钛铁矿	金刚石
中 基 性 岩	闪长岩、辉长岩	角闪石、黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、榍石、磷灰石、磁铁矿、辉石、透辉石、橄榄石、尖晶石、铂族矿物、钛铁矿、金红石、磁黄铁矿、镍黄铁矿	钛磁铁矿、镁铁尖晶石、磁黄铁矿、镍黄铁矿、自然铂、自然铜、紫苏辉石	钛铁矿
酸 性 岩	花岗岩、花岗伟晶岩、花岗闪长岩、花岗斑岩、石英斑岩、流纹斑岩、流纹岩	磁铁矿、赤一褐铁矿、钛铁矿、石榴石、电气石、铌钽铁矿、褐钨铌矿、黑稀金矿、铌钽矿、磷钨矿、独居石、钽石、锡石、锆石、烧绿石、日光榴石、绿柱石、锂辉石、锂云母、金绿宝石、锐钛矿、板钛矿、金红石、磷灰石、黄铁矿、软锰矿、硅铍钨矿、黄玉、萤石、黑钨矿、白钨矿、泡沸矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、沥青铀矿、菱铁矿、氟碳钙钨矿、黑云母、白云母	黑钨矿、白钨矿、辉钨矿、锡石、辰砂、自然金、自然锡、钽铁矿、细晶石、富铈锆石、异极矿、黄玉、日光榴石	黑钨矿、白钨矿、锡石、自然金、钽铌铁矿、锆石、黑稀金矿、褐钨铌矿、独居石、磷钨矿
碱 性 岩	正长岩、碱性正长岩、霞石正长岩、霓霞岩、霞石正长伟晶岩、霓霞伟晶岩	霓石、钙钛矿、刚玉、褐帘石、锆石、磷灰石、榍石、磁铁矿、钛铁矿、角闪石、钠铁闪石、赤铁矿、变种锆石、异性石、星叶石、斜锆石、褐硅钠钛矿、钛铌铁钙矿、烧绿石、易解石、铌铁矿	霓石、钠铁闪石、星叶石、水锆石、斜锆石、钙钛矿、铈铌钙钛矿、烧绿石、易解石	锆石、斜锆石、铌铁矿、烧绿石、钛铁矿、磷灰石
变 质 岩	片岩、片麻岩、混合岩、砂卡岩	钛铁矿、金红石、石榴石、独居石、磷钨矿、电气石、锆石、磷灰石、刚玉、透闪石、阳起石、透辉石、榍石、金云母、褐帘石、绿帘石、赤铁矿、堇青石、红柱石、尖晶石、黄玉、符山石、硅灰石、方柱石、日光榴石、萤石、硅线石、蓝晶石、十字石、黝帘石	红柱石、十字石、堇青石、蓝晶石、蓝闪石、金红石、刚玉、石墨、硅线石、铁铝榴石	金红石、刚玉、独居石、磷钨矿、锆石

良好的效果。在鉴定与分析方法上也有显著提高。此外，在重砂分析过程中，还陆续发现了若干种新矿物、新变种，如褐铈铌矿、钛钽矿等。所有这些都说明我国重砂分析的水平已有显著的提高。

重砂分析作为传统找矿手段在我国得到广泛采用，并且取得了良好的效果。例如用重砂扩散晕找寻原生矿就是一种简便易行的方法，用这种方法找到铌、钽、锡，钨、汞等原生矿屡见不鲜；至于用重砂法找寻和评价砂矿床更是为人们所熟知的。

表 2

稳定性小的			稳定性中等的			稳定性高的			稳定性小的			稳定性中等的			稳定性高的		
辰砂	砂	矿	磁铁矿	铁灰	石	铬尖晶石	尖晶石	石	重晶石	晶石	石	锡石	柱石	石	自然铂	然铂	石
毒砂	砂	矿	磷灰石	铁	石	赤铁矿	铁	矿	钙铁-钙铝榴石	钙铁-钙铝榴石	石	红柱石	柱石	石	自然金	然金	石
黑钨矿	钨矿	矿	褐铁矿	铁	石	赤铁矿	铁	矿	萤石	普通角闪石	石	白褐铁矿	白褐铁矿	石	自然金	然金	石
黄铁矿	铁矿	矿	铁铝榴石	铁	石	白铁矿	铁	矿	普通辉石	普通辉石	石	透辉石	透辉石	石	自然金	然金	石
白钨矿	钨矿	矿	十字石	铁	石	锑矿	铁	矿	透辉石	透辉石	石	透辉石	透辉石	石	自然金	然金	石
橄榄石	橄石	石	锐钛矿	铁	石	黄铁矿	铁	矿	透辉石	透辉石	石	透辉石	透辉石	石	自然金	然金	石
普通辉石	辉石	石	独居石	铁	石	金红石	铁	石	透辉石	透辉石	石	透辉石	透辉石	石	自然金	然金	石
紫苏辉石	辉石	石	蓝晶石	铁	石	电气石	铁	石	透辉石	透辉石	石	透辉石	透辉石	石	自然金	然金	石

表 3

不稳定的			较稳定的			稳定的			很稳定的		
磁黄铁矿	黄铁矿	矿	黑钨矿	钨矿	矿	铁铝榴石	铁铝榴石	石	铬尖晶石	尖晶石	石
闪锌矿	锌矿	矿	白钨矿	钨矿	矿	磁铁矿	磁铁矿	矿	赤铁矿	铁矿	矿
黄铜矿	铜矿	矿	磷灰石	灰石	石	钛磁铁矿	钛磁铁矿	矿	褐铁矿	铁矿	矿
毒砂	砂	矿	红柱石	柱石	石	铌铁矿-钽铁矿	铌铁矿-钽铁矿	矿	黄铁矿	铁矿	矿
辰砂	砂	矿	钙铝榴石	钙铝榴石	石	石榴石	石榴石	石	电气石	石英	石
黄铁矿	铁矿	矿	褐帘石	褐帘石	石	硅线石	硅线石	石	电板	电板	石
橄榄石	橄石	石	透辉石	透辉石	石	蓝晶石	蓝晶石	石	锐钛矿	锐钛矿	石
霓辉石	霓辉石	石	透闪石	透闪石	石	重晶石	重晶石	石	白钛矿	白钛矿	石
斜方辉石	斜方辉石	石	黝帘石	黝帘石	石	方柱石	方柱石	石	白金矿	白金矿	石
碱性角闪石	碱性角闪石	石	绿帘石	绿帘石	石	钙钛矿	钙钛矿	矿	尖晶石	尖晶石	石
普通辉石	普通辉石	石	绿帘石	绿帘石	石	钛铁矿	钛铁矿	矿	自然金	自然金	石
黑云母	黑云母	石	十字石	十字石	石	磷钇矿	磷钇矿	矿	自钨矿	自钨矿	石
普通角闪石	普通角闪石	石			石	独居石	独居石	石	自钨矿	自钨矿	石
						锡石	锡石	石	自钨矿	自钨矿	石
						红柱石	红柱石	石	自钨矿	自钨矿	石

重砂分析工作还常应用于组分复杂的原生矿床物质成分研究, 因为仅仅了解某些有用元素的含量有时还不能作出正确的评价, 还需要查清这些元素赋存于哪些矿物中, 在工业上能否利用等, 故系统的砂矿分析又是矿床综合评价、综合利用过程中的先行工作。我国许多大的黑色金属, 有色金属, 稀有金属矿床与沉积矿床中, 往往富集多种有用元素, 其物质成分和有用元素的赋存状态都是用人重砂手段进行研究的, 今后用于这些方面的重砂分析工作将日益增多。

近年来, 随着地质科学的迅速发展, 重砂分析的作用已越出了原来的狭窄范围, 在众多领域中都用重砂手段配合, 以期协助解决某些更为广泛的地质问题, 例如:

1. 岩层对比 通过重砂分析, 利用特征矿物或特征矿物组合找出标志层, 解决地层对比问题。这在石油普查、煤等沉积矿产的勘探等方面应用较广。不仅如此, 还可根据重砂矿物的组合特征, 分析沉积岩的物质来源, 按矿物的大小和磨圆程度判断搬运距离, 有时还能间接推断古地理—古气候条件。在水文地质方面, 在分析古河床系统, 对比含水层, 重砂分析方法开始得到应用。

2. 岩体对比 在岩浆岩方面, 常利用某些副矿物特征以对比岩体, 探讨其侵入顺序。

目前普遍利用锆石的晶形对比花岗岩类岩石,效果比较明显。应当说明,对副矿物的研究只注意晶形是不够的,还要研究其晶面的微细特征,物理性质和化学性质变化,微量元素特点等等。以锆石为例,产于钠锂型稀有金属伟晶岩及富钽花岗岩中的锆石多呈乳白色,且富含铪,晶形通常比较简单,多为短柱状。而一般花岗岩中的锆石多呈长柱状,晶形比较复杂,铪的含量低。产于碱性岩中的锆石呈短柱状或双锥状的简单晶形,颜色较深呈棕色,具有较强的放射性。铌铁矿既产于花岗岩中,亦产于碱性岩中,前者的Nb/Ta多小于10,后者的比值都偏高。来自不同类型岩石中的独居石,往往在物理—化学性质上有所区别,稀土配分也各具特点,特别是产于黑色页岩中的独居石呈灰白色或深灰色的结核体,含Eu较高。此外,稀有元素伟晶岩和花岗岩矿床中的锡石通常颜色较深,含钽较高,具电磁性,而硫化矿床中锡石颜色较浅,不含钽且无电磁性。

3. 成岩成矿问题 利用副矿物解决某些成岩成矿问题,是重砂分析工作的一个新领域。应当说明要解决这些问题重砂是手段之一,但不能单纯依靠它。成岩成矿问题是很复杂的,影响因素甚多,现有的资料只能供借鉴:

(1) 有人测定了花岗岩中副矿物的平均含量及各种副矿物中稀有元素的含量,认为在成矿岩体中有关的副矿物相应集中,比同类型的不含矿岩体的平均值高数倍,数十倍至上百倍。副矿物中有关的稀有元素含量也大大增加。例如与钨、锡、钼矿化有关的花岗岩中,黑钨矿、锡石、辉钼矿的含量明显增高;在铌钽矿化的伟晶岩中,不仅云母等暗色矿物中富含铌钽,锡石中甚至出现重钽铁矿包体。因此,副矿物的含量和成分可以作为花岗岩类的矿化标志。

(2) 有资料说明,研究副矿物组合及副矿物中含稀有元素的特点,能解决不同侵入体(或侵入岩,次火山岩和火山岩)是否同源问题。一个杂岩体中的多种岩石,虽然岩性不同,但只要它们是同源的,往往有同样的副矿物组合,而且副矿物中的稀有元素也是一致的,只是在晚期岩体中稀有元素的含量有所增加罢了。

(3) 还有人通过研究锆石的结晶习性、形态、粒度、长宽比、颜色、环带结构、包体类型、晶体再生现象等,将不同成因的紫苏花岗岩区别开来。获得的研究结果与其它地质手段的研究基本吻合。

(4) 用副矿物解决混染作用,即按副矿物组合判断同化岩石的成分,按其含量判断同化作用的规模。如磷灰石、榍石、褐帘石、钙铁榴石是花岗岩浆同化灰岩等形成的,当花岗岩浆同化铝硅酸岩石时则形成红柱石、硅线石、十字石、铁铝榴石等副矿物。

为了适应上述多方面的需要,沙矿工作量将会更大,必需广泛开展技术革新以提高重砂分析的效率。分离工作是整个重砂工作的重要环节,使分离工作机械化、自动化、轻便化仍是一个重要课题。在重砂矿物定量方面,特别是矿区勘探阶段,在对物质成分复杂细微的矿床评价的过程中,重砂和化验相配合,开展物相分析是高速、高质量完成大量样品定量分析的好方法,有助于解决任务和力量之间的矛盾。用光谱法进行重砂定量也取得了较好的效果。人工重砂手段与地球化学方法相结合,给解决重大的地质问题提供了新手段。可以预见,不需要很长时间,在利用标型矿物和标志矿物找矿方面,在利用特征副矿物或副矿物组合对比岩体、岩层、沉积物,以及研究成岩成矿等复杂问题方面,都将起越来越大的作用。这方面的工作无疑应作为专门研究方向看待。

第一章 重砂矿物的分离方法

重砂矿物分离是重砂分析的重要环节与先行步骤。根据不同重砂样品的地质目的和具体特点,采用适当的手段进行重砂矿物分离是完成重砂矿物分析的基础。

按不同的地质要求,重砂样品粗略分为三类,即区测、普查阶段的重砂测量样品、砂矿详查与勘探阶段的重砂样品、风化壳及基岩的人工重砂样品。区测、普查阶段重砂测量样品的重量,一般以10—15公斤(或0.01—0.02立方米)为宜,对某些低含量的贵重金属矿物(如铂、金刚石等),在某些有利地段,普查样品的重量要适当加大。在砂矿详查与勘探阶段,取样重量应按工业矿物的分布和含量来确定,即取样规格取决于工业矿物在砂矿中分布是否均匀,而重砂分析的样品量应根据工业矿物的含量而定。为了减少工作量,保证分析精度,需通过采样规格实验和缩分实验,以确定不影响分析精度的最小取样量和重砂分析样品重量。通常详查与勘探阶段样品重量与区测、普查阶段相当或更小些。基岩人工重砂样品的重量,作为副矿物对比样品,在侵入岩中的样品重量一般为8—10公斤,在沉积岩中取样常为10—15公斤,风化壳人工重砂样的重量为10—15公斤左右。但有资料说明,用于副矿物对比的样品可缩小到5公斤左右。

上述各类重砂样品采取后,应分别情况进行野外或室内处理。对区测、普查阶段的重砂样品,其目的是圈出各类有用矿物的重砂扩散晕和指出值得进一步工作的远景地区,只要求对主要重砂矿物定性与定量。重砂原样可在野外用淘洗盘作粗淘,将淘洗后的灰砂(其重量应不低于10—15克)烘干。对砂矿详查与勘探阶段的重砂样品,其目的是对矿床作出远景与工业评价,因此要求对重砂作全分析或对主要有用矿物作简项分析,要求定量准确,这类样品可按其具体情况确定在野外初步加工或全部带回室内分离,如在野外初步加工应取一定比例的原样,在室内进行系统分离,以检查野外淘洗的质量。对人工重砂样品其目的是为解决矿床的评价(如风化壳型稀有元素矿床或原生稀有元素矿床)或为研究岩石与矿床的成因,这类样品中有用矿物或副矿物粒度甚细,在野外缺乏加工条件,应将原样取回室内经浸泡、搅拌、去泥、水析、水筛等,再进行系统分离。对基岩人工重砂或风化壳重砂样品的残留硬块均需要通过加工破碎,其原则为逐步破碎、勤过筛,以免样品因过粉碎而降低了有用矿物的回收率。在破碎前,应先从矿样中挑3—5块代表性标本,磨制光、薄片,了解有矿物的粒度及嵌布特征,或者采有代表性的样品做流程试验,然后确定破碎的程序。一般粗碎(5—10毫米以上)用颚式破碎机,中碎(1—5毫米)与细碎(小于1毫米)用对辊式破碎机或棒磨破碎机。

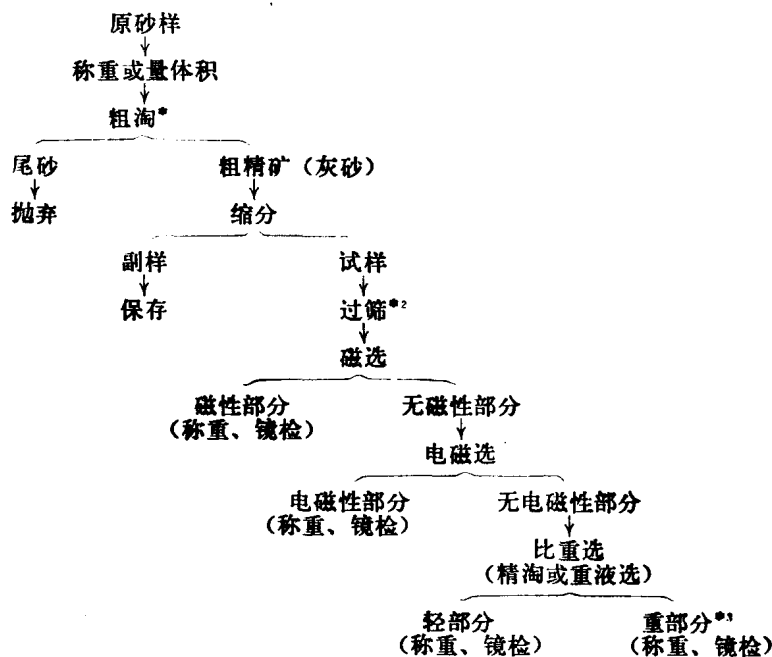
如前所述,从野外取回的原样重量大,一般含十多种至数十种不同矿物,其中轻矿物通常占绝大多数,在少量的重矿物中有用矿物也只占一部分,一些含量为万分之几到十万分之几的稀贵金属矿物和贵金属矿物就达到工业开采要求,不难看出在这种情况下有用矿物完全“淹没”于其它矿物中,加之不少矿物的外表特征相似,使鉴定更困难。重砂分离的任务就是:按不同矿物物理—化学性质的差异,采用各种机械分离手段和选择性溶矿的方法,尽可能将有用矿物或其它需分离的矿物单独提取出来,以便对重砂矿物作定性、定

量分析和矿物学研究。如无需把单矿物提得很纯或分离有困难时，也可将砂样按比重和磁性分成数级。当然分离的纯度是根据分析要求确定的。

许多风化壳矿床中的有用矿物粒度细小（粒径小于200目者占较大比例），故对细粒矿物（0.074—0.02毫米）的回收在砂矿评价上意义重大，这首先取决于能否采取适当手段进行矿物分离。

重砂矿物的分离具体包括分离前的准备工作，以及按矿物的比重、磁性、电性、表面性质、化学性质等分离步骤。

重砂矿物分离的一般流程如下：



- * 粗淘前先剔出砾石，排除泥质。
- ** 筛孔视具体情况而定，筛分后各粒级作单独样品处理。如砂样粒径相差不大，此步骤可省略。
- 必要时可用高频介电等方法分离。

第一节 分离前的准备工作

（一）筛 分

通过筛分查明有用矿物的粒度和分布率是拟定矿物分离流程的重要依据之一。矿样中的有用矿物如集中在一定粒级内，其它粒级不含有用矿物，或含量甚少不影响定量，则这些粒级可不参与矿物分离，从而减轻了分离工作量。此外分离设备和分离条件的选择也与矿物粒度有密切关系。筛分后的每个粒级均按单独样品对待，因此筛分既不能过粗，以免影响分离质量，又不宜过细至使工作量过大。简言之，筛分级数要根据有用矿物粒度变化与工作目的性等因素而定。

筛分的工具是套筛，其孔径大小以网目表示，所谓网目是每吋长度内金属网线的数目。

我国的标准筛一般分十级，从20网目至200网目。现将沈阳套筛与泰勒标准筛的网目与孔径关系列于表4。

表 4

沈 阳 套 筛		泰 勒 标 准 筛		沈 阳 套 筛		泰 勒 标 准 筛	
网 目	筛孔大小 (毫米)	网 目	筛孔大小 (毫米)	网 目	筛孔大小 (毫米)	网 目	筛孔大小 (毫米)
20	0.920	5	3.960	40	0.442	35	0.417
		6	3.330			42	0.351
		7	2.970			48	0.295
		8	2.360	60	0.272	60	0.246
		9	1.980			65	0.208
		10	1.650	80	0.196	80	0.175
		12	1.400	100	0.152	100	0.147
		14	1.170	120	0.121	115	0.124
		16	0.991	140	0.101	150	0.104
		20	0.833	160	0.088	170	0.088
		24	0.701	180	0.080	200	0.074
		28	0.589	200	0.066	250	0.061
		32	0.495			270	0.053

筛分时可用整套筛子或选用其中的数级。筛子按筛孔大小由上而下顺序排列，底层置底盘，然后将砂样适量地较均匀的倒入上层筛，再加筛盖。

筛子除手工操作外，还可以用电动振筛机筛分，即将套筛固定在振筛机上开动马达振动10—15分钟即可。图1为我国生产的XSB-70型振筛机。

对细粒样品宜用水筛，因为干筛速度慢、粉尘多、损耗大，水筛则无上述缺点。其方法是先把样品浸湿，放进单筛，然后把筛子置于水筛机上浸入清水中，开动马达，筛子在水中旋转抖动，使细粒矿物全部筛下。

筛子用毕需晾干，置于干燥处。如矿物颗粒卡在筛孔内可用木棒轻敲筛壁使之脱落，或用水冲洗效果较好，以保持筛孔不变形。

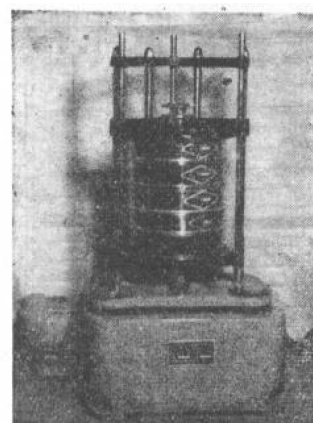


图 1 XSB-70型振筛机

(二) 沉 降 分 析

筛分因受筛孔限制，只能筛粒径大于0.05毫米的矿物，某些有用矿物，特别是稀有一稀土矿物，粒度小于此值者占相当比例，分级时常用沉降分析。

沉降分筛又称水分析。该方法以斯托克公式为基础：

$$V = \frac{2}{9} \times \frac{r^2(D_1 - D)g}{\mu}$$

V ——球形矿物的沉降速度；

r ——球形矿物的半径；

D_1 ——矿物的比重；

D ——水的比重；

g ——重力加速度， 981 厘米/秒^2

η ——水的粘度。

上式中，在一定条件下，其它各数均为常数，故颗粒的沉降速度与颗粒直径成正比，根据公式不难计算出某种粒径的颗粒在一定时间内的沉降距离。

水的比重和粘度随温度而变，将其常用数值列入表 5

不同直径和不同比重的球形质点在不同温度下的沉降速度见表 6

表 5

温 度 $^{\circ}\text{C}$	比 重	粘 度 (泊%)	温 度 $^{\circ}\text{C}$	比 重	粘 度 (泊%)
15	0.999	1.140	23	0.998	0.936
16	0.999	1.111	24	0.997	0.914
17	0.999	1.083	25	0.997	0.894
18	0.999	1.056	26	0.997	0.874
19	0.998	1.030	27	0.997	0.855
20	0.998	1.008	28	0.996	0.836
21	0.998	0.981	29	0.996	0.818
22	0.998	0.958	30	0.996	0.801

表 6

质点的直径 (毫米)	温 度 $^{\circ}\text{C}$	不同比重质点的沉降速度 (厘米/秒)		不同比重质点沉降10厘米的时间	
		$D = 2.7$	$D = 2.5$	$D = 2.7$	$D = 2.5$
0.05	15	0.200	0.177	50.0秒	56.5秒
	20	0.226	0.199	44.2秒	50.3秒
	25	0.253	0.225	39.5秒	44.4秒
	30	0.281	0.249	35.6秒	40.2秒
0.02	15	0.0330	0.0290	5分03秒	5分45秒
	20	0.0375	0.0325	4分27秒	5分08秒
	25	0.0420	0.0365	3分58秒	4分34秒
	30	0.0465	0.0410	3分35秒	4分04秒
质点的直径 (毫米)	温 度 $^{\circ}\text{C}$	不同比重质点的沉降速度 (厘米/秒)		不同比重质点沉降10厘米的时间	
		$D = 2.7$	$D = 2.5$	$D = 2.7$	$D = 2.5$
0.01	15	8.13×10^{-3}	7.16×10^{-3}	20分30秒	23分15秒
	20	9.18×10^{-3}	8.10×10^{-3}	18分10秒	20分35秒
	25	10.39×10^{-3}	9.17×10^{-3}	16分00秒	18分10秒
	30	11.61×10^{-3}	10.25×10^{-3}	14分20秒	16分15秒
0.005	15	2.03×10^{-3}	1.79×10^{-3}	1时22分	1时33分
	20	2.30×10^{-3}	2.03×10^{-3}	1时13分	1时22分
	25	2.60×10^{-3}	2.29×10^{-3}	1时04分	1时13分
	30	2.90×10^{-3}	2.56×10^{-3}	57分	1时05分