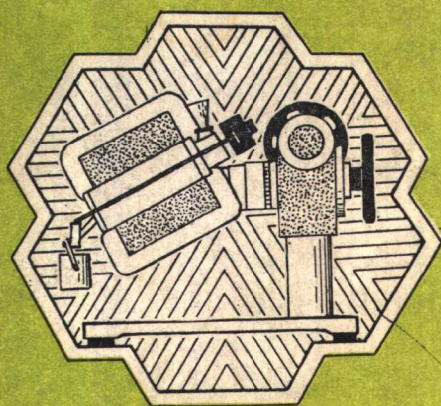


单矿物分选方法

全国单矿物分选学术会议文集



贵州人民出版社

单 矿 物 分 选 方 法

全国单矿物分选学术会议文集

《单矿物分选方法》编辑组

贵 州 人 民 出 版 社

1 9 8 2

内 容 简 介

本文集收集的六十九篇论文,是从1981年6月在广州召开的全国单矿物分选学术会议上收到的论文中挑选出来的。这些论文有的是经有关单位推荐的,有的在大会及专题组交流时反应良好。这些论文分别介绍了单矿物分选的发展过程及国内现状;单矿物分选理论;新仪器研制;单矿物分选流程等四个方面的成果,基本反映了当前全国单矿物分选的技术水平和概貌。

本书可供地质、岩矿、选矿、冶金、建材、化工等专业工作者及有关大专院校师生参考。

单矿物分选方法

全国单矿物分选学术会议文集

《单矿物分选方法》编辑组

贵州人民出版社出版

(贵阳市延安中路5号)

省出版局印刷服务公司印刷 贵州省新华书店发行

787×1092毫米 16开本 22.25印张 540千字 2插页

印数1—3,000

1983年3月第1版 1983年3月第1次印刷

书号: 15115·146 定价: 3.70元

序 言

全国单矿物分选学术会议，由中国矿物岩石地球化学学会主持，中国科学院地球化学研究所和广东省地质局中心实验室具体筹备，于1981年6月在广州召开。各省市自治区的正式和列席代表共174人出席了会议，他们来自中国科学院、地质部、冶金部、二机部、国家地震局系统以及大专院校、仪器制造厂、出版社等有关单位。这次会议全面地检阅了我国单矿物分选工作的各项成果，这些成果是单矿物分选人员长期辛勤劳动的结晶，它充分反映了单矿物分选工作在我国蓬勃发展的盛况。召开专门的全国性单矿物分选会议在我国还是第一次，这次学术会议非常重要，它对今后单矿物分选的发展将起到推动作用，也标志着单矿物分选从此独立出来，成为地质科学中一个新生的事物，并将朝着分支学科的方向向前发展。

大会共收到论文134篇，数量多、涉及面广、内容丰富，包括单矿物分选的发展过程及国内现状；单矿物分选理论；新仪器研制；单矿物分选流程四个方面的经验。

会议期间，代表们要求出版论文选集，期望这些成果得到更广泛的交流和应用。

会议决定，由中国科学院地球化学研究所周正、吴泽霖和地质部地质研究所宋天锐三同志组成编辑组，负责文集的编审工作。在编辑中，由于版面的严格限制，不得不删减许多论文的部分内容、照片及图表。另外，为使更多的经验得到推广，长春地质学院受大会的委托，在本《论文选集》之外又编辑了《单矿物分选论文选编》，作为《论文选集》的补充，这些资料将能够反映出目前国内单矿物分选总的技术水平和概貌。

在地质科学领域内，单矿物的用途很广，许多物理化学测试分析以及重砂分析都离不开它。为此，全国目前已有数万人从事单矿物分选工作，几乎各省市自治区都有单矿物分选实验室，形成了初具规模的技术队伍。此外，还有近10个工厂及院校研制了适于单矿物分选特点的各种仪器设备，使用这些仪器装置，分选着近100个矿种的单矿物，经常提纯的也有60种左右。单矿物分选的有关理论及方法，已开始在南京地质学院、成都地质学院、长春地质学院等院校的重砂矿物分析教材中讲授。这些情况说明，单矿物分选确实具备了形成分支学科的良好基础。

单矿物分选与实验室选矿尽管有一定联系，但是它们的方向、任务以及为完成这些任务所采用的分选方法各不相同，前者为了发展单矿物分选学，选出单矿物。分选时，只要对矿物表面性质和测试分析数据无影响的方法都可使用，包括昂贵的重液选，较先进的顺磁液体分选、介电选及其它微量分选方法，如粒浮、微型摇床等。一般来说，实验室选矿由于必须考虑经济核算，所以上述分选方法都难以应用，而他们的具体任务主要是为采、选、冶工业服务。比如为矿区评价，矿物可选性研究；为选厂设计进行工艺流程实验，以及为进一步提高选厂品位及回收率所做的方法改进试验等。可见，单矿物分选与实验室选矿不是一回事，它是一个有其特色的、正被开拓的新领域。

我们祝愿全国的单矿物分选工作者，今后在分选理论系统化、新仪器研制、新方法试验

及新流程的探索等方面取得更多的成果，为单矿物分选学、为地质科学的发展作出新的贡献。

本文集的编辑出版，一直得到中国科学院地球化学研究所有关领导的大力支持与关心，他们在人力和财力上给予了全力帮助。另外，所的制图组绘制了83幅插图，照相组洗印了22张照片，贵州人民出版社的有关同志亦为本书的早日出版付出了辛勤的劳动，在此深表谢意。

《单矿物分选方法》编辑组

1982年6月

目 录

序言.....	(1)
---------	-----

第一部分 现状与方向

从重砂分析到单矿物分选.....	宋天锐 (1)
国内单矿物分选现状.....	陈君毅 (10)
单矿物分选新方法.....	周正 陈君毅 (14)
国外矿物分离实验室的常规设备.....	田淑艳 (22)
细粒单矿物分离技术.....	温华洽 (26)
单矿物分选技术在工业上的应用.....	夏佩云 (30)
单矿物分选工作的发展方向.....	宋天锐 周正 (34)

第二部分 仪器与应用

电磁液体静力(MHS)分选中矿粒的运动轨道问题.....	苏清心 颜琳等 (40)
CYY-3型电磁液体分离仪及其应用.....	董斌等 (46)
关于电磁液体静力分选应用范围问题的讨论.....	苏清心 董斌等 (54)
CYY-2型电磁液体分离仪的应用.....	黄芬娥 (58)
413-1型磁液静力分离仪及其在矿物分离中的应用.....	陈立昌 (63)
顺磁性液体中微量矿物比重的测定.....	杨温瑛 凌篆云 (68)
磁性矿物分离新方法——交直流电磁分选法.....	陈明嘉 郭 伦 (74)
交流磁分离——脱磁仪分选效果简介.....	丁 建 潘利梅 (83)
螺管线圈在矿物分离中的应用.....	赵新奋 (86)
关于电磁仪结构问题的探讨及CFL-1型电磁仪的研制.....	刘 钊 李庆余等 (89)
LZC-1B型带式矿物电磁分选仪的研制和应用.....	刘文祥 成立楚等 (96)
JJF-1型矿物静电分选仪在单矿物分选中的应用.....	陈君毅 (101)
空气中调输出电压介电分选法.....	刘明高 雷文秀等 (106)
KJF-8型介电分选仪的应用.....	俞文娟 (110)
矿物介电分选的影响因素.....	马婉仙 杨玉波 (111)
高速盘式离心分离机的研制.....	陈柏泉 (117)
矿物形态分选仪及其应用.....	邓楚均 (122)
矿物形态分离试验.....	刘汉弘 龚子康 (124)
SJ-2型砂金分离仪.....	杨满贵 曹桂复等 (127)
风力吸选法的简易装置及其应用.....	李贺臣 (132)

两种重砂型分离设备的试制	张再云 黄木宝等 (133)
--------------------	----------------

第三部分 方法与试验

应用电磁液体静力分选提纯细粒级金刚石	谈锦华 颜琳等 (137)
分选单矿物的新技术——重液变温法	朱家永 (139)
电磁液体分离中主要影响参数的测试	凌篆云 杨温瑛 (145)
比重差异不大的非磁性矿物分离——调整重液比重法	汪自文 (151)
重砂取样重量的研究	刁淑琴 (153)
西南某地细粒黄金的分离方法	刁淑琴 (156)
用化学溶解法定量分离黑钨矿与钨钼铁矿	梁巨发 陆仲和等 (161)
利用矿物的选择溶解性提纯某些单矿物	黄舜华 何松裕等 (165)
选择性化学溶解法在分选、提纯单矿物中的应用	郝淑芝 (169)
试论矿物污染与矿物分选	胡张福 (173)
黑云母标样的制备	崔连甲 周雁南等 (178)
火山岩中黑云母的分选——同位素地质年龄样品的制备	陈祥高 臧文秀 (184)
安徽岳西县硅线石分离试验	朱明善 (186)
山西省右玉县胡才沟硅线石重砂定量方法	张光林 张志清 (189)
广东开平四九回收蓝晶石工作方法的选择	陈康玉 赵明亮 (194)
单斜磁黄铁矿和六方磁黄铁矿的分离试验	吴光华 (201)
沉积岩中海绿石可选性的研究	张书贵 邢顺淦 (208)
丝光沸石的分离方法	陈择儒 唐致琦 (212)
粘土矿物提纯与分离	张秋菊 (217)

第四部分 流程与实例

几种单矿物的分选方法	楚雪君 (223)
钨钛磁铁矿中主要矿物的分离方法	赵新奋 (230)
矿物分离的方法与实践	黄俐君 (236)
安徽省几个铁铜矿床的单矿物分离	潘法惠 许德明 (241)
苏南铁铜多金属矿床矿石矿物的分离	苏玉凤 (246)
龙岩马坑铁矿区某些单矿物提取的工作流程	陈康玉 张 云 (250)
内蒙白云鄂博铁矿床某些矿物的分离	梁学谦 宋国强 (256)
广东一些脉钨矿床中钨、锡、铋、钼、铜、铅、锌等矿物的分选方法	何谓泰 (262)
钨锡金共生矿物的分离	陈康传 (266)
铜镍硫化矿床中单矿物分选方法探讨	柳云仙 周满赓等 (271)
南京栖霞山硫化矿物的分离试验	史鸿歧 (279)
陕西金堆城钼矿床单矿物分离方法	赵雅凤 (284)
广东某地含钨钼、稀土花岗岩中的单矿物分离	尹碧琳 赖玉兰 (289)
微量细粒钨钼矿物分离方法的研究	王志辉 (295)

某些微细矿物的分离方法	许宜乐 张家林等 (300)
几种稀有、贵金属矿石中矿物分选流程的选择	吴克难 (307)
鄂东地区岩株黑云母的分选方法	黄锐华 (314)
黑云母的分离方法	史鸿岐 (318)
安徽霍丘蓝晶石矿人工重砂定量分析方法研究	朱明善 (321)
莱河矿样品的分选提纯方法	周 正 (327)
苏北超基性岩硫钨矿、硅铁矿的发现及其分离方法	魏金生 郑子姍 (333)
西北地区与铬铁矿有关的基性、超基性岩中单矿物的分离方法	李 榕 李静娴 (336)
附:《单矿物分选方法》照片、图题	(346)

第一部分 现状与方向

从重砂分析到单矿物分选

宋 天 锐

(地质部地质研究所)

我国是开采、利用砂矿的古老国家之一,《汉书》地理志曾记载:“西室山出锡,贛古北采山出锡、南乌山出锡”,这些古地名的位置,大致是在建水县和个旧市一带,众所周知,这些地方广泛分布着砂锡矿。又如《湖南通志》中,记载了开采砂锡、砂金和汞砂矿的情况:“郴州柿竹园葛藤坪等处出产锡矿”、“靖州会同县基坪山出产金沙”、“辰州府丹砂出辰州、宜州、阶州而辰砂为最”;并且记载了在原生汞矿附近有辰砂的砂矿“皆陶土石中得之”。辰砂也称朱砂,《方輿纪要》记载着:“永州府零陵县府北八十里有朱砂坑,为历代采砂之处。”至于砂金和采金场的记载就更多了,甚至反映在地名和河流名称上,如金源、金沙滩、金沙江等等。此外,古代关于铁砂、铜砂、铅砂、银砂、硼砂和玉石砂的记载也非常多。我国开采砂矿的历史在两千年以上,淘洗重砂的技术和经验是很丰富的,据《史记》记载:在医学上,中国很早就用朱砂做为内服或外敷药用,并用于提制水银。广东、广西沿海省份经常与南洋外商接触,内地人也常有到南洋谋生的,于是,我国传统的淘洗重砂技术逐渐流传到马来亚、印尼和菲律宾等地。古代缺乏化验技术,锡矿品位估算全靠淘洗,当地使用一种不带瓷釉的粗瓷浅底碗做为淘洗工具;熟练的淘洗工能淘洗分离比重很相近的重砂矿物;广西的锡矿工人也有采用这种淘砂工具和方法的。现在有一些由东南亚归国的华侨淘砂技师,能用小淘砂盘熟练地分离许多重砂矿物,有时甚至优于重液分离;他们所使用的工具与淘洗碗的形状十分相似。

系统的重砂分析方法是在我国解放以后才发展起来的,当时由于找矿普查任务迫切,而重砂分析方法找矿又是比较有效的一种手段,所以许多地质队、实验室都相继成立重砂分析专业组。最先出版的比较系统的有关专著是由俄文翻译过来的《重砂矿物分析》一书;这本书简单地介绍了一些重砂分析的工具和方法,着重于鉴定重砂矿物的特征描述方面。此后,作者写了《重砂矿物分析方法》一书,这本书则是着重于介绍重砂分析的方法。逐渐地在全国各地地质单位大量开展重砂分析工作,历年来,许多实验室、科研单位和地质院校总结了有关的实际经验,写成的论文和专著很多,使重砂分析和鉴定工作的水平又有了更进一步的提高。目前,已经逐渐把重砂分析的范围扩展为单矿物分选,既包括了重砂矿物的单矿物分

离, 也包括了轻矿物的分离技术。同时, 开始对于一些类质同象或系列矿物的分离问题进行探索。

以下分别就重砂分析和单矿物分选谈一些本人的看法;

一、关于重砂分析

解放后三十多年以来, 全国有许多矿点是根据重砂测量的资料找到的; 不仅找到了各种砂矿(砂金、砂锡、砂铂、金刚石砂矿、铌钽砂矿、独居石砂矿和其它稀有放射性砂矿等), 而且还有许多的金属或非金属矿产地, 也是根据重砂分析的资料找到的。

重砂分析作为找矿的手段可概分为两种: 一种是直接重砂法; 另一种是间接重砂法。在重砂中找寻有用矿物并计算出砂矿可开采的储量是一种直接找矿的方法, 如对于金、铂或其他贵金属砂矿的重砂分析。利用与有用矿物紧密伴生、或者与有用矿物在成因上有共同联系的其它矿物作为指示矿物而找矿的方法, 是一种间接找矿的方法, 如对于金刚石砂矿, 有时将镁铝石榴石、铬透辉石等作为间接找矿的标志矿物。以上的找矿方法都是广泛采用的, 并且取得了实际效果。除上述的方法以外, 作者在研究祁连山地区的铂、金沙矿时, 试验了另一种方法, 这种方法是在未发现重砂矿物, 也未发现有用矿物的伴生矿物时, 也可以根据重砂矿物族大多是比重接近 4 的特点, 选择磁铁矿作为重砂矿物族的指引矿物。可根据重砂中磁铁矿的相对含量, 圈定有利重砂矿物或重矿物族的有远景的分布区或分布层位, 这种方法可称之为“远景指引法”。该方法简单易行, 即将采取的砂样初步淘洗、去泥以后, 筛去大于 2 毫米的极粗砂粒, 再用磁铁吸出所有的磁性矿物(其中绝大多数是磁铁矿)并称重, 即可求得磁性矿物含量。

在砂铂、金矿区进行普查和勘探的主要方法要算浅井工程了。事实上, 这种工程对铂、金沙矿的普查和勘探来说是耗资最大的一种工程。经验证明, 往往有很多浅井打在铂、金沙矿物很少的地方, 甚至整个矿区在进行了大量浅井工程以后, 才得出了肯定或否定的评价。可想而知, 这样所造成的人力和物力上的浪费是十分惊人的。因此, 运用“远景指引法”做些初步探索是非常必要的和及时的。而这种工作可在耗资较少的砂钻工程基础上开展起来。

在青海祁连山铂、金沙矿区, 作者研究了几个浅井自然重砂中的磁性矿物含量变化, 发现在单位体积砂样中磁性矿物的含量和铂、金沙矿物的含量有相应增减的趋向。这种变化可由其比重都较大, 在冲积的重力分异过程中, 易于聚集在相近的位置加以解释。尽管对于绝大多数轻矿物和粘土矿物来说, 磁性矿物和铂、金矿物都属于重矿物类。但是, 毕竟磁铁矿的比重值比铂、金矿物要小得多, 因此重力分异情况还是有一定差别的。所以, 在柱状图上磁性矿物含量最大之处, 不一定经常与铂、金矿物含量的高峰完全吻合(图 1), 但是在横向变化方面, 仍可做为“远景指引”的相当层位加以考虑。总之, 这种明显的相应增减的变化, 构成了对普查勘探方法改进意见的基础。

作者关于运用“远景指引法”改进砂矿普查、勘探方面的意见归纳为: (1) 首先按照地质理论基础选定砂矿普查、勘探工程的区段; (2) 然后, 在浅井工程进行以前, 对施工范围中冲积砂矿区系统地布置砂钻取样网(具体情况按矿种、矿区和要求的特定条件拟定), 并且分段或分层测量每个砂钻孔中单位体积砂样所含磁性矿物量, 接着, 编制出垂直方向和

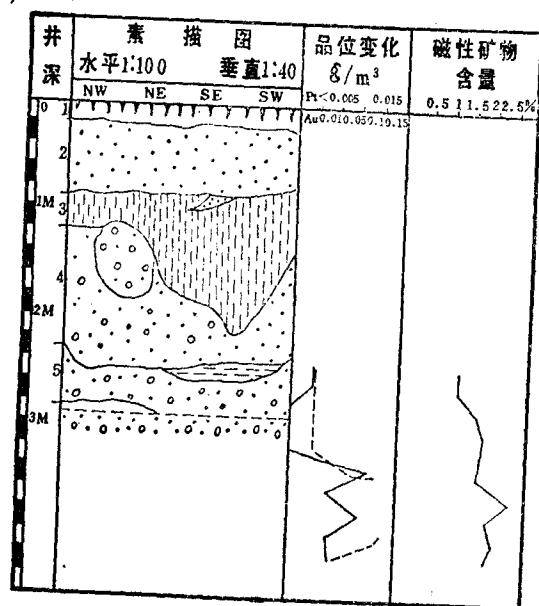


图1a

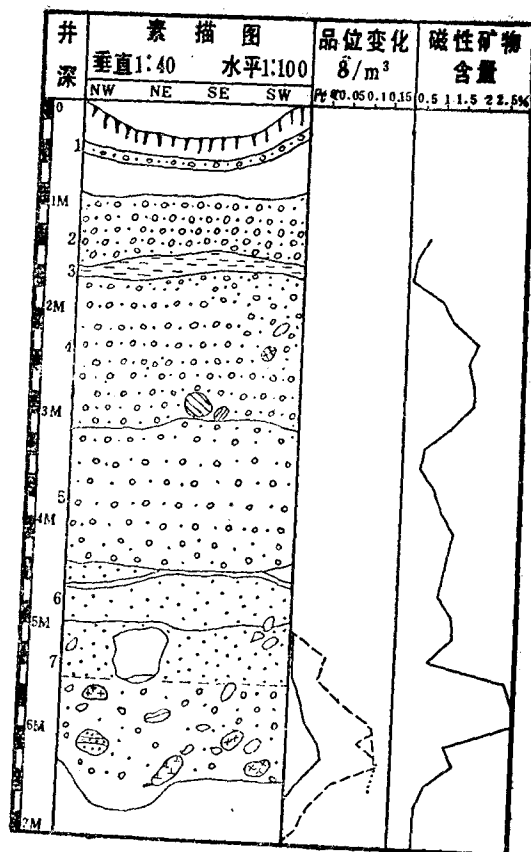


图1b

图1 青海祁连铅、金砂矿浅井取样中，铅、金品位与磁性矿物的含量变化图

水平方向各砂钻样的磁性矿物分布等值线图；（3）最后，按照磁性矿物突出的富集区、段或层位所在处，或在其附近布置检查浅井，再加以其他适当的步骤或工程（包括补充的浅井工程），做出矿区或矿段的普查或勘探的评价。

砂钻工程比浅井工程的进展快、耗费少，而且还可以克服潜水障碍，优点是很多的。但是，砂钻取样量比浅井取样量少得多，而铂、金、金刚石等砂矿物在冲积层中一般含量较低，因此，在普查、勘探中考虑到取样的代表性问题，常不采用砂钻样做铂、金、金刚石等砂矿矿区评价手段，而认为浅井取样（全巷的或非全巷的）是比较可靠的取样方法。特别应该指出的是：即使采用工程浩大的全巷浅井工程，亦有其极不可靠的一面。因为砂矿床的有用矿物富集常常是极不规则的，尤其是铂、金等贵金属砂矿，有的矿体分布畸形，绝非数量不多的浅井线所能控制。因此，所得出的中、低级储量可能有很大的偏差，矿区远景评价常常不能达到准确的程度。于是，以较多的砂钻取样，研究磁性矿物含量做浅井工程布置的先进行手段，或者做为矿区评价后的核实手段是完全必要的。同时，作者认为：磁性矿物含量的纵横方向变化图表等，还会有助于研究含矿层、含矿段、含矿点与古水流动力条件的关系。

一般的冲积自然砂中,含量最多的是轻矿物(如石英、长石和方解石等等)以及混杂的粘土矿物、氧化铁质矿物等等,重矿物总含量是比较少的;但是在重矿物中,磁性矿物的数量,有时大大超过其它重矿物数量的总和。因此,任何地区的自然冲积层中,都含有足够的磁性矿物,用以表示砂的轻、重分异,并借以指示有用矿物的相应增减;当然,在那些远近都不存在矿源体的地区,自然砂中磁性矿物的含量变化,并不能起到指示有用矿物含量变化的作用,这个道理是不言而喻的。

重砂分析方法采用的仪器和方法手段是比较多的,涉及到原理、步骤也是多方面的,但是,从实际效果来看,不外三种类别,即:重砂矿物的分离方法、重砂矿物的鉴定方法和重砂矿物的计量方法(这里暂且不谈重砂采样和重砂分析资料的地质解释这两项首、尾工序)。

自古所使用的淘砂碗,大小的木制和金属的淘砂盘,以及引自选矿机原理设计的小型摇床和跳汰机等等,都是属于水重力分离方法一类。1954年,作者在孟宪民教授领导下,在云南个旧五〇一地质队主办了重砂分析训练班,开展了磁力分离、重液分离、离心机分离和重砂矿物鉴定等项试验工作,值得指出的是:利用矿物介电常数差别的分离方法,当时国外只有低频介电分离矿物的方法;作者1954年在云南工作时,为了解决无磁性的锡石和锆石的分离问题,首先试验了高频介电分离方法(参见《重砂矿物分析方法》)。事实证明,在分离效果和安全性方面,高频介电分离超过了低频介电分离。

低频介电分离矿物的原理是根据矿物介电常数的差别,1923年霍尔曼(B·W·Holman)就发表了题为“介电常数是选矿的一个因素”的论文,从理论上阐明了介电分离的可靠性。1924年哈特菲尔德(H.S.Hatfield)发表了“介电分离——一种提取矿石的新方法”的论文,宣布了他从含有99%的脉石中成功地分选出细粒锡石的试验结果(据说他从1920年就开始进行试验并逐步取得成功);同年,霍尔曼和谢珀德(J·R·Csheperd)又对低频介电分离方法进行了研究并发表了论文;1931年蒂克尔(F·G·Tickell)又运用这一方法研究分离岩石碎屑;1936年伯尔格(G.A.Berg)测定了一系列矿物颗粒的低频介电常数值;同年,罗森赫兹(J·L·Rosenholtz)和史密斯(D·T·Smith)又测定了一系列矿物粉末的低频介电常数值;1949年卢金斯(H·I·Lukins)和厄雷丁(S·Eredin)采用伯尔格的低频介电分离设备,成功地进行了海绿石矿物的分选。直至四十年代,低频介电分离矿物的方法才引起苏联矿物学家的注意,1953年罗日柯娃(Е·В·Рожкова)和谢列里亚柯娃(М·Б·Серёбрякова)发表了有关的著作;1958年罗斯柯娃等改进了低频电极形式后,大大地提高了低频介电分离矿物的处理量。但是,对于低频介电分离装置来说,至多是电源电压的升高和电极形状的改变有所发展,而每当电压升高、功率增大之际,必然带来着火和触电方面的安全问题。

作者针对低频介电分离装置的弱点,于1954年研制成功高频介电分离仪器和方法,当时,这一仪器同时用于矿物介电分离和金属矿物的可熔性和挥发性的研究,该仪器的结构原理图先后发表于《地质学报》1955年第35卷2期和《重砂矿物分析方法》(1957年)一书中;并且被转载于成都地院编制的《矿相学》(1974年)一书中。作者研制的仪器样机是采用6L6真空管起振的电压三点式振荡电路,属于正弦波电振荡装置。后来,各地质单位和院校相继改进线路结构,提高了仪器的性能和电功率。特别是成都地院邵伟同志从1960年开始就研制高频介电分离仪的半导体化线路,研制成功EG-2型矿物介电分选仪,首先采用大功率晶体

管代替了真空管，并采用脉冲振荡产生高频率矩形波代替了正弦波振荡，这项改革对于高频介电分离仪振荡频率稳定性的提高和输出功率的增大起到了关键性的作用。此外，各有关地质单位的实验室设计、研制的各式高频介电分离装置和仪器也很多，有些仪器在某些方面具有突出的性能。如原在黑龙江地质局第一区测队工作的刘钊同志等，曾试制成功ZⅡ型手提式交直流两用晶体管高频高压静电分离仪，取得较好的分离效果。

由于自然重砂特别是人工重砂分析工作，要求的处理量很大，所以，引进选矿学方面的技术知识和设备是非常必要的。中国科学院贵阳地球化学研究所周正同志运用摇床、静电、磁选、浮选等有关方面原理和仪器设备，配合若干特殊矿物的研究和重大地质项目的研究（如吉林陨石雨样品的矿物分选和西藏花岗岩体的研究等），成功地分选出大量人工重砂中的单矿物或矿物族，对于地质解释创造了有利的条件。目前，周正同志与其他同志一起已将多年来在单矿物分选方面的实际经验编写为专著《单矿物分选》供有关人员参考。

下面谈谈矿物的磁力分选技术：矿物的磁力分离是根据矿物的磁性。中国人民是最早发现矿物磁性的，中国古代有四大发明（火药、造纸术、印刷术和指南针），最早的指南针就是根据矿物具有磁性，而磁性矿物又可以磁化铁质的原理制造的。另外，据说古希腊人曾经在爱琴海边的一个地区（Magnesia）发现了磁铁矿，现在英文中使用的“磁性”（Magnetism）一词就是由这个地名得来的。象磁铁矿、磁黄铁矿等具有强磁性的矿物，可以用一般的永久磁铁分选出来，最近又在研制将强磁性矿物进一步按磁性等级分选的仪器。在重砂矿物的磁力分选技术中，主要是针对那些具有强磁性的矿物，各种形式磁力分离仪器主要是适用弱磁性的范围。据记载，第一台适用于弱磁性矿物分离的磁力仪是克鲁克（T.Crook, 1908）设计出来的，他曾发表过“一种适用于弱磁性矿物分离的简单磁铁”的论文。克鲁克的仪器是由蓄电池提供的低压直流电作为电源的。五十年代，作者设计制造了用交流电源整流的高压直流电源的电磁仪，这种设计式样曾被全国许多重砂实验室采用。五十年代时期，重砂分析中普遍使用的是非自动的磁力分离仪器，我国后来引进了英国生产的等磁力磁力分离仪器，地质部地质仪器厂在将该仪器的硒堆整流装置改变后仿制了这种仪器并投入生产，促进了各单位的磁力分选工作。六十年代末至七十年代初，国外又研制电磁重液分离方法，长春地质学院有关实验室参考了一些不完整的国外资料，在国内首次试验成功电磁重液分离方法和设备。地科院矿床所邓楚钧、周玉林等同志将地质部地质仪器厂生产的WCF1-63型自动磁力分离仪稍加改装后，采用 $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 和 FeCl_2 等试剂的配制液为介质，对于比重为2.65至19.3的一系列矿物组合进行了电磁重液分离的试验（包括石英、正长石、磷灰石、楣石、金刚石、锆英石、独居石、铬尖晶石、黄铜矿、黄铁矿、锡石、方铅矿、黄金等分别组成的八个矿物组合），分选结果能达到97—100%的纯度。他们试验后认为：电磁重液的介质以采用氯化锰和硝酸锰的饱和溶液为佳，这类液体具有透明、无毒、货源充足和价格低廉的优点；用 FeCl_2 等试剂做为介质颜色太深，用 ErCl_3 、 HoCl_3 、 HoBr_3 、 DyCl_3 等做为介质则价值十分昂贵。

五十年代时期采用的矿物形态分离方法是风选方法，后来发展为喇叭筒声波振动分离，现在研制成机械振动式形态分离仪器。地科院矿床所矿物分离组参照已有的一些仪器式样，现已改进制造了数台三角盘式振动式形态分离仪，三角盘脚座可由螺旋调节斜度，盘下附有电磁动器，由自耦变压器调整电压来控制机械振动的频率；分离出的各级矿物，分别由十

几个小漏斗收集到小烧杯中。这种分离仪器对于那些要求干样分选样品是很适合的，如K-Ar法测定地质年龄所需要的云母样品，干样分离比湿样分离更少污染，有利于保证测定数据的精确性。

重砂矿物分离方法中的离心分离技术也有了显著发展，五十年代使用的是低速离心机（4000转/分），现在使用的高速离心机（16000~20000转/分）在细小矿物的离心分离方面很有效果，同时，离心试管的容量和形状也有了较大的改进。苏联的矿物学家最先研制重砂矿物的连续离心分离技术，设计了莫谢耶夫式离心机。最近，苏联矿物资源研究所（ИМП）设计了一种上置动力式离心机，同样具有可连续投样和取样的优点，并且消除了莫谢耶夫式离心机的某些缺点；而这种上置动力式离心机是用一种搅拌器改装的，简单而易行。

应用离心机分离矿物时，一般也需要配制适当的比重液作为介质，以往在配制比重液时常常采用近似的公式计算或采用比重瓶法测量混合液的比重，前一种方法误差较大，后一种方法则太繁琐。最近地质部地质研究所汤骥等同志试制成功一套比重玻璃，范围是2.7~5.0，比重间隔0.02，共计88块，当根据待分离矿物的比重差配制混合的比重液时，只需将相当比重的比重玻璃投入配制液中，然后掺和均匀使液体比重与玻璃比重相等时，分离矿物适用的比重液即告配制成功，使用起来极其简便。

除了上述作者亲自了解到的一些情况以外，据说在地质部、二机部、冶金部系统的局、队实验室，例如：广东地质局实验室、北京二机部三所、北京矿冶研究院、地科院峨嵋所等单位，也有许多创造性的研究成果，特别是成都地院、长春地院等许多高等院校在重砂分离和仪器研制方面还有一些新进展。

重砂分离方法不论是重力、磁力、电性、形态等等的分离，所得到的主要是矿物组合；对于每一个组合中的各种矿物仍存在着鉴定和挑选的问题。当然，对于那些用双目镜或偏光镜可以直接判别的矿物，鉴定起来并不困难，但是对于一些金属、半金属、稀有、放射性的矿物和少见矿物，鉴定起来就比较困难。按说每一种矿物都有彼此不同的比重、磁性、光泽等等特征，但是，由于仪器和分离条件的限制，不可能分离为众多的级别，从而既达到分离又达到鉴定的目的。上述分离方法之中，比较起来，介电分离方法是既具有分离效果，又能间接提供鉴定数据的方法。其主要依据就是各种矿物的不同“介电常数”。最早发表的系统的矿物粉末低频介电常数值，是罗森赫兹（Rosenholtz）和斯密斯（Smith）于1936年提出的，1956年作者首次测定了一系列矿物粉末的高频介电常数值，这些数值曾发表于《重砂矿物分析方法》一书中；又被转载于《稀有元素矿物鉴定手册》和《重砂工作参考手册》中。但是由于测定矿物的介电常数是在混合配制的介电液中进行的，测定值是一种相对的介电常数值，所以，介电液的挥发、电极引起的介电液升温等条件，都可能影响测定数值的精确度，如果做为鉴定矿物的数据测定，则要求迅速获得结果，以免条件发生变化。成都地质学院制造的EG-2型矿物介电分选仪用示波管显示矿物和介电液的介电常数变化，具有易分辨并且提高了测定值精确度的优点。

对于重砂分离后的各组矿物，进行一些简单的化学试验也能达到鉴定的目的，比如锡石在锌板上可与HCl反应还原为灰色金属外膜等等；进一步采用微量化学分析方法也很有效果。湖南省地质研究所钟志成同志在郭承基教授指导下对于重砂矿物的微化分析取得不少经验并且编著了《重砂矿物的化学鉴定法》一书。

近年来,电子探针、激光光谱和X-射线荧光光谱等测试技术,对于少量重砂矿物或细小重矿物颗粒的鉴定起到了独到效果。在过去,只能用紫外光灯、阴极射线或X-射线微粒感板定性地鉴定的某些重矿物,现在应用这些大型测试设备,可以做到元素半定量或定量分析,从而可进一步确定矿物的种类。

应该看到:重砂分析的分离、鉴定、计量三类方法中,发展最缓慢的是计量方法。五十年代时期采用的挑选、数颗粒、测比重、体重的计量方法,至今仍然视为主要的手段。成都地院、同济大学等单位试制成功“图象仪”和电算统计的仪器,对于一些颜色反差较大的重砂矿物的统计可大大提高效率。由于重砂矿物中,常常有一些色泽相近而种类不同的矿物,也还经常出现类质同象和系列矿物,因而,主要依靠人的分辨技能进行统计数量仍然是必要的。

地科院岩矿测试所李维华、段玉然同志研究成功“重砂矿物定量新方法——激光显微光谱法”,应用德国出品的LMA-1型显微激光光谱仪,从1972年至现在测定了一万多个样品,其结果与化学分析一致。经过对比检验认为:两种重砂矿物(钇铈矿和钽铈铁矿)同时用激光光谱和颗粒数法计算后,其统计结果基本相同。看来,“激光显微光谱法”是一种既能鉴定又能计量的新方法。这种方法对于鉴别那些包含有金属、半金属色泽近似的矿物是有效果的。例如:对于包含有钛铁矿物、钨锰矿物、铌钽矿物、铀矿物等的重砂样,特别是细小重砂颗粒,“激光显微光谱法”可以发挥特有的鉴定计量效果。

将上述常用方法做一比较,如(图2)所示:

效果	方法	重力法			磁力法		介电法		静电	形态	微化	激光光谱	颗粒数	挑选	浮选	双目镜	偏光镜
		重液	摇床	淘洗	电磁磁	电磁重液	低频	高频									
重砂矿物分析	分离	■	■	■	■	■		■	■						■		
	鉴定										■	■					■
	计量											■	■			■	■

图2 常用重砂分析方法效果比较

二、关于单矿物分选

重矿物的单矿物分选实际上就是在重砂分离的基础上，把各个不同组分的矿物进一步纯化的步骤。近年来，单矿物分选不止是重砂找矿范围之内需要，而且也普遍应用于矿物学研究和地质年龄测定等领域。应用 U-Pb 法测定花岗岩体的地质年龄，要求分离出纯度极高的数克锆石；应用 K-Ar 法测定地质年龄，则要求分离出纯度极高的数克至十数克新鲜云母；应用 Rb-Sr 法测定地质年龄，则要求分离出足够数量的长石或角闪石。由于对单矿物的纯度和新鲜程度有特别严格的要求，因此，一般的重砂分析手段是难于满足的。所以，当样品经过各种分离步骤富集的单矿物达到一定程度时，还是必需采用双目镜挑选的办法，或者把需要的单矿物挑出来，或者把不需要的矿物挑选出去，以进一步提高单矿物分选的纯度。但是，常常为了研究若干类质同相矿物或同质异相系列矿物，要求在同一个富集了的重砂样中挑选出几种矿物，对于单矿物分选工作人员来说是一个繁重的负担，其实对于用手挑选来说，也没有更好的办法，作者根据自己的实践体会，设计出一种“挑样抽屉”（图3），在某种程度上可起到一点方便的作用。

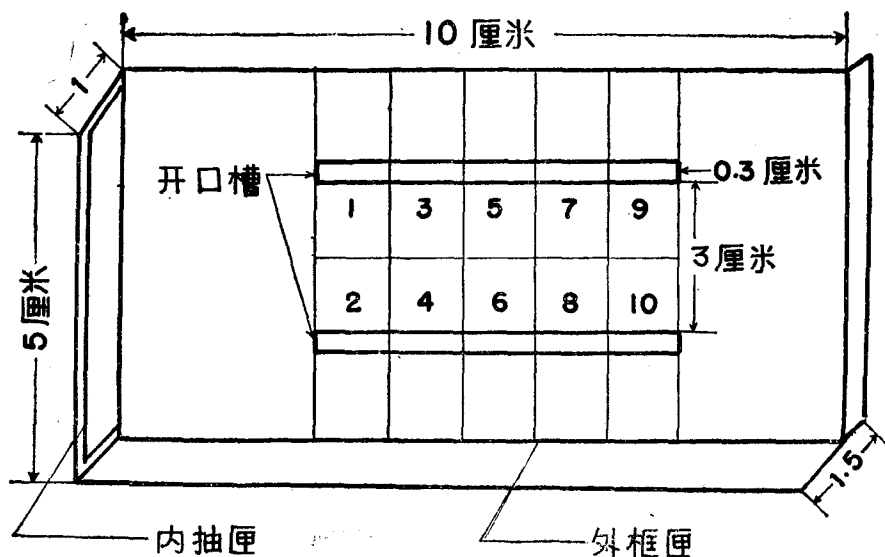


图3 “挑样抽屉”式样

“挑样抽屉”的设计原理非常简单，使用起来也很方便。“挑样抽屉”分“内抽匣”和“外抽匣”，“外抽匣”中线为一放置矿物样品的小槽，上下两边有两道“开口槽”，在开口槽的部位标有单矿物样号，每个样号的相应位置在“内抽匣”内放有“盛样盒袋”。挑选时，按照矿物特征规定了单矿物样号的顺序，逐一挑入“盛样盒袋”内。最后，拉出“内抽匣”即可取出不同的单矿物。

地科院情报所顾承启同志曾经在1964年试验成功风力挑矿装置(图4)。这个装置是采用一个35瓦的小电扇与一个风管相接,倒吸的空气流通过一条橡皮管传至焊接针头的玻璃管上,针头与玻管焊接处有一个鼓球状空间(图4),待挑的矿物由针头吸入后,到鼓球内由于吸力突然减压而沉降在玻球内;当挑选够一定数量时,将玻璃管从橡皮管内拔出,即可将已挑选出的矿物集中。

轻矿物的单矿物分选也是研究工作所必需的,例如长石和石英的分选问题,近些年,有利用氟氢酸浮选进行分选的方法,但是,具体应用时,掌握技术也不大容易,对于有的样品,

最后仍免不了手挑选的步骤。再如粘土矿物不同种类的分选问题,各种沸石矿物的单矿物分选问题,实际上都没有真正解决。虽然这些细质点矿物用沉降分析方法也能取得一定的分选效果,但是仍不能从原理上加以解释。至于纯度的提高难度更大。从理论上推论,对于细小质点的单矿物分选,采用电化学方法可能更奏效。

总之,单矿物分选虽然最初是从重砂分析的基础上发展起来的,但是又不完全相同于重砂分析。单矿物分选具有本身的特点和要求,从难度方面来衡量,大致可以分做四种类型:

(1) 物性间距大的矿物,如金、铂、铅等比重特大,与一般重砂矿物的比重间距悬殊,易于用重力分选出单矿物;又如磁铁矿、磁黄铁矿等磁性间距大,易于用磁力分选出单矿物;再如:云母类矿物,虽然重、磁物性间距不大,但其形态有别于近似重磁物性的其它重矿

物,也易于用形态分离方法分选出单矿物。(2) 物性间距不大但数量较多的矿物,如锆石、电气石、柘榴石等,这些矿物可用多种分离方法富集,然后再进行单矿物纯选。(3) 物性间距不大但数量稀少的矿物,如金刚石,由于矿物本身稀少、贵重、真正能可靠地进行单矿物分选的方法,目前还是以X-光发光反应与用手挑选工序为准确。(4) 细小质点矿物和轻矿物,是目前未充分解决的单矿物分选难题。随着现代科学的发展,宇航飞行器等防高温的隔热装置、石油、化工过滤装置、海水提钾、冶金、防化学、防污染等项研究试验中,对于细质点矿物的性能和纯度要求极高,例如粘土矿物中的凹凸棒石、钠质膨润土等都有许多特殊的用途,而这些矿物的纯化分选技术实际上并未解决。

目前单矿物分选的任务,已不能仅仅依靠重砂分析一套传统的分离手段来完成,而是要结合沉积岩试验方法和其他物理的、化学的方法进行综合研究,如果能够取得某种突破,其实用意义是很大的。例如我国南方震旦-寒武系中的含多金属、稀有元素的黑页岩,如果能在含有用元素单矿物分选方面取得突破,必将为我国的资源基地开辟一个新的丰富领域。

重砂分析和单矿物分选研究工作者肩负的使命是十分艰巨而有意义的。

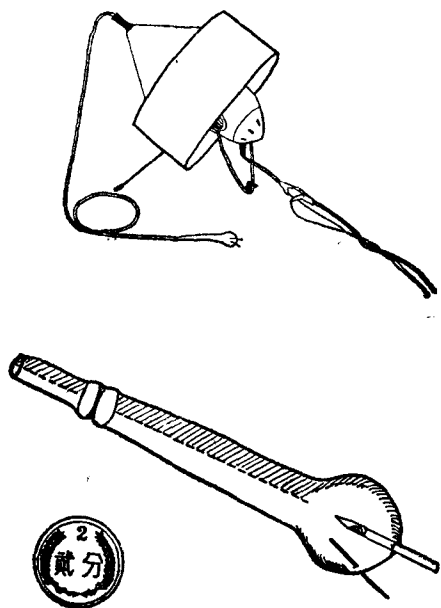


图4 风力挑矿装置