

高等学校试用教材

重砂测量与分析

马婉仙 主编

地质出版社

ZS

高等学校试用教材

重砂测量与分析

马婉仙 主编

地质出版社

内 容 简 介

《重砂测量与分析》一书是由地质矿产部高等地质院校矿床普查勘探课程教学指导委员会讨论确定为地质类通用教材。书中系统地介绍了自然重砂工作方法、重砂矿物分析在地质、找矿领域中的应用及其发展前景；详细地论述了重砂矿物分离、重砂矿物鉴定的基本原理和方法，同时还介绍了矿物分离与鉴定的新技术和新方法；并以简明表格形式系统地描述了各种常见重砂矿物特征。

本书以长春、武汉、成都三所地质院校的原有自编教材为基础，广泛搜集了我国重砂工作的生产、科研成果并参考了国内外近代有关资料，力图反映国内外重砂工作的最新成就，同时也考虑了我国的实际情况编写而成的。本书作为岩石-矿物学专业、地质矿产勘查专业的基本教材，也可供从事重砂生产、科研人员的参考。

※ ※ ※

本书初稿由王文魁、何跃宗主审，经地质矿产部高等地质院校矿床普查勘探课程教学指导委员会于1988年5月召开的第二次会议审稿，同意作为高等学校试用教材出版。

※ ※ ※

高等学校试用教材 重 砂 测 量 与 分 析

马婉仙 主编

责任编辑：陈磊

地质出版社出版

（北京和平里）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店总店科技发行所发行

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：13.25 字数：313000

1990年10月北京第一版·1990年10月北京第一次印刷

印数：1—2505册 定价：2.65元

ISBN 7-116-00683-4/P·581

前 言

《重砂测量与分析》一书是根据地质矿产部高等地质院校矿床普查勘探学课程教学指导委员会制订的教材编写计划，依据课程的教学大纲编写的。

本书是在长春、武汉、成都三所地质院校原有自编重砂教材的基础上并搜集了国内外大量实际资料，结合专业培养目标和本学科的教学特点编写的。书中加强了系统性、科学性；加强了基本知识、基本理论和基本方法的阐述。编写中贯彻了理论与实际相结合和“少而精”的原则，注意了更新教材内容和适当反映本学科的新成就的同时，避免了与相邻学科在内容上的重复。

本书由长春地质学院马婉仙、中国地质大学（武汉）张武雪、成都地质学院陈君毅合编，长春地质学院马婉仙任主编。绪论、第三章由马婉仙编写；第一章、第二章由张武雪编写；第四章由陈君毅编写；第五章由马婉仙、陈君毅编写。最后由马婉仙对全书统编并定稿。

本书初稿经中国地质大学（武汉）王文魁教授和吉林地质研究所何跃宗高级工程师审阅，又经地矿部高等院校矿产普查勘探课程教学指导委员会第二次会议（石家庄）评审。在广泛听取意见的基础上，编者作了修改和补充并最后完稿。限于编者的水平和条件，书中出现的疏漏和不当之处敬希读者批评指正。

编写本书过程中始终得到地质出版社教材室和矿产普查勘探课程教学指导委员会的关心和指导。长春地质学院和成都地质学院绘图室清绘了插图。编者谨向他们致以深切的谢意！

编 者

1989年5月

目 录

绪论	(1)
一、重砂测量与分析的研究对象与任务	(1)
二、重砂测量与分析的内容与程序	(1)
三、重砂矿物分析的种类和项目	(2)
四、重砂测量与分析的发展简史与发展趋势	(3)
第一章 重砂测量	(7)
第一节 重砂测量的基本原理	(7)
一、重砂机械分散晕(流)的形成	(7)
二、重砂机械分散晕(流)的控制因素	(7)
三、重砂机械分散晕(流)的分布规律	(8)
第二节 重砂测量的野外工作方法	(10)
一、重砂取样	(10)
二、重砂样品的淘洗	(20)
三、重砂样品的初步鉴定及野外编录	(22)
第三节 重砂测量的资料整理	(23)
一、重砂成果图的编制	(23)
二、重砂综合报告的编写	(29)
三、重砂异常区的评价与检查	(29)
思考题	(34)
第二章 重砂矿物分析的地质应用	(35)
第一节 自然重砂分析在第四纪地质研究中的应用	(35)
一、有关概念	(35)
二、应用的领域	(36)
第二节 人工重砂分析在找矿中的应用	(40)
一、配合各种找矿方法,提高找矿效率	(40)
二、利用各类矿物标型特征指示矿化	(41)
第三节 人工重砂分析在基础地质研究中的应用	(46)
一、副矿物在岩浆岩研究中的应用	(47)
二、副矿物在沉积岩研究中的应用	(59)
三、副矿物在变质岩研究中的应用	(60)
第四节 人工重砂分析在矿体地质研究中的应用	(66)
一、查明有用元素的赋存状态	(68)
二、元素富集规律的研究	(67)
三、元素在矿物中分配的研究	(68)
四、有用矿物嵌布形式的研究	(69)
第五节 人工重砂取样与样品的制备	(72)

一、人工重砂取样	(72)
二、人工重砂样品的制备	(73)
思考题	(73)
第三章 重砂矿物分离	(74)
第一节 矿物相对密度分离法	(74)
一、人工水淘洗法	(74)
二、机械水选法	(76)
三、重液分离法	(79)
四、重液变温分离法	(84)
五、重熔体分离(易熔盐类分离)法	(86)
六、吹扬分离(风力分离)法	(86)
第二节 矿物磁性分离法	(87)
一、磁选法	(87)
二、电磁选法	(88)
三、焙烧磁选法	(92)
第三节 电磁液体分离法(磁重分离法)	(94)
一、分离原理	(94)
二、电磁液体分离仪的结构	(95)
三、分离介质	(97)
四、分离方法	(97)
第四节 矿物电性分离法	(97)
一、介电分离法	(97)
二、静电分离法	(102)
第五节 矿物表面性能分离法	(107)
一、浮选法	(107)
二、粒浮法	(112)
三、粘附面上的离心分选法	(112)
第六节 矿物形态分离法	(115)
一、形态分离法	(115)
二、粒度分离法(筛分法)	(116)
第七节 选择性化学溶解法	(117)
一、分离原理	(117)
二、分离实例	(118)
第八节 重砂矿物分离的辅助工作及分离程序	(118)
一、重砂分离的辅助工作	(118)
二、重砂矿物的分离程序	(119)
思考题	(122)
第四章 重砂矿物鉴定与定量	(123)
第一节 双目显微镜下鉴定	(123)
一、双目显微镜的类型及构造	(123)
二、双目显微镜下鉴定	(124)

第二节 微量矿物化学鉴定法	(126)
一、矿物的溶解和分解	(126)
二、微量矿物化学鉴定的常用试剂	(128)
三、微量矿物化学鉴定的设备	(128)
四、微量矿物化学鉴定方法	(128)
五、微量矿物化学元素鉴定各论	(132)
第三节 重砂矿物密度及相对密度的测定	(141)
一、重液悬浮法	(142)
二、扭力天平法	(143)
三、比重瓶法	(146)
四、显微体积法	(147)
五、矿物相对密度测定方法比较	(148)
第四节 矿物发光分析	(148)
一、发光分析原理	(149)
二、发光分析仪器	(149)
三、矿物发光颜色和强度	(152)
第五节 矿物磁化率的测定	(152)
一、测定的意义	(152)
二、测定的方法	(153)
第六节 矿物介电常数的测定	(157)
一、测定的意义	(157)
二、矿物介电常数变化的影响因素	(157)
三、测定方法	(158)
第七节 重砂矿物定量	(159)
一、矿物定量法	(160)
二、化学定量法	(163)
思考题	(165)
第五章 重砂矿物	(166)
一、重砂矿物分类表 (表5-1)	(166)
二、重砂矿物特征表 (表5-2)	(169)
附录	(197)
矿物体积百分数与重量百分数换算表	(197)
重砂矿物形态图	(201)
重砂矿物名称索引	(204)
主要参考文献	(206)

绪 论

一、重砂测量与分析的研究对象与任务

重砂测量与分析亦称重砂地质与工作方法,简称重砂法。它是以野外重砂测量为基础从事室内重砂矿物分析的一门应用性地质技术学科。其主要研究对象有自然重砂矿物和人工重砂矿物二类。所谓自然重砂是指赋存于第四纪松散沉积物中,经过淘洗之后获得的(相对密度在2.8以上)重矿物。人工重砂则是指用人工方法破碎的岩石和矿石样品,再经淘洗后获得的重矿物。重砂测量与分析的基本任务是利用合理的有效的步骤和方法研究重砂矿物特征、形成、迁移和聚集的规律,为矿产勘查和基础地质研究提供有意义的信息和资料。

众所周知,重砂测量与分析是矿产地质勘查的一个重要方法。对那些由物理化学性质比较稳定的矿物组成的原生矿床和砂矿床尤为有效。在追索原生的贵金属矿床(金、铂、铌、钽);稀有金属矿床(铈、钼、锂、铍、锆);稀土矿床(钷族、钇族);黑色金属矿床(铬、钛、钒、锰);有色金属矿床(锡、钨、钼、铋、铜、铅、锌)。金刚石、刚玉、萤石、硅灰石等非金属和各类宝石矿等,均有良好的效果。对寻找各类砂矿床重砂法则是唯一有效的方法。重砂法和化探法二者是各具特点的。化探法是通过研究某些成矿指示元素在空间上的分布规律为找矿提供信息,对寻找那些在表生带不甚稳定的矿产具有良好的效果。重砂法是通过重砂测量直接查明组成矿床的基本成分——矿物,在矿体周围形成的高含量带,即重砂分散晕(或称矿物分散晕),圈定重砂异常。它不仅可以直接指明成矿远景区、成矿方向,甚至可以直接指示矿化所在位置、矿化类型并确定其形成和富集规律。由于重砂法是以矿物分散晕为研究对象,其异常的干扰因素甚少,并含有丰富的信息。这种信息具有双重性。它既是内生条件下矿物形成演化过程的缩影,又是表生条件下矿物发生变化的标志。因此重砂法是一种直接而有效的找矿方法,较其他方法具有更大的优越性。据已有资料统计,通过重砂异常圈定的成矿远景区,其见矿率达70%以上。由此可见重砂法找矿的准确性之高是其他方法所不能比拟的。当前国民经济对矿产资源的需求量日益增加,但出露地表并易于发现的矿床日趋减少,找矿难度日益增大、找矿成本不断增高。面临这种形势,正确运用重砂测量的理论与实践经验,不断提高重砂矿物分析技术和方法,当然是目前找矿工作中的一项迫切任务。

重砂测量与分析不仅是一个简便、实用、经济有效的先行性的找矿方法,而且又是基础地质研究的重要手段。如在矿物学岩石学研究中确定物质成分、分析成岩过程;矿床学研究中确定矿物组成,论证矿床成因,乃至探索成矿规律等,重砂矿物分析都可以为之提供重要基础资料。由于它研究的内容丰富,解决的问题众多,涉及的领域广泛。因此,它在矿产地质勘查和基础地质研究中的地位与作用日益显著,重砂法已成为当前矿产地质勘查和解决基础地质问题的一个重要方面,而且预示它有着广阔的发展前景。它将是应用矿物学的一个重要发展方向。

二、重砂测量与分析的内容与程序

重砂测量与分析工作主要包括：重砂取样、重砂样品的淘洗、重砂矿物分离、重砂矿物鉴定、重砂资料整理和成果图的编制以及重砂异常区的检查和评价等内容。

1. 重砂取样：是根据一定目的和要求从松散沉积物或岩层、岩体中，采取一定重量的试样分析。取样是重砂测量与分析工作的首要环节，其关键问题是样品的代表性。

2. 重砂样品淘洗：是采用专门的工具，用来淘洗样品以获取重砂矿物的专门性工作。它是重砂测量与分析工作中的一道重要工序，其质量好坏直接关系到找矿和地质研究的效果。

3. 重砂矿物分离：是对淘洗后所获得的重砂样品按矿物物理和化学性质的差异，采用各种分离手段将重砂矿物分离成几个部分或据工作需要将其中某些矿物单独提取出来的专门工作。经分离后的重砂样品可进行重砂矿物定性和定量分析或单矿物的研究工作。重砂矿物分离方法有密度分离法、磁性分离法、电性分离法、表面性质分离法、形态-粒度分离法及化学性质分离法等。

4. 重砂矿物鉴定：是利用专门的仪器设备，确定矿物名称、特征及含量等，为找矿、矿床评价和基础地质研究提供资料。它是重砂工作的重要内容。重砂矿物鉴定的基本方法是双目显微镜下的矿物鉴定和统计。辅助方法有微化分析法、油浸法、发光分析法、密度测定法、放射性测定法等。此外，对某些难以鉴定的矿物或因需要做详细研究的矿物，则要挑选单矿物作X光分析、差热分析、激光光谱分析、电子探针分析、电子显微镜分析以及化学分析等项目的研究。

5. 重砂资料整理及成果图编制：这是重砂工作最终成果的体现。在编制成果图之前，对大量样品分析和矿物的测试数据等资料要进行系统全面研究、整理与筛选，去粗取精、去伪存真，将有意义的重砂资料综合反映在重砂成果图上，用以说明工作区的重砂分布规律，指导进一步找矿、评价和地质研究工作。重砂成果图通常是以地质图为底图。内容有：主要地质界线、矿点和各种找矿标志、水系、地貌单元、重砂取样点、样品编号、有用矿物种类和含量以及根据综合评价所圈定的重砂异常区等。

6. 重砂异常检查与评价：是重砂工作的最终环节。重砂异常是重要的找矿标志之一。所谓重砂异常检查是指对发现异常地区进行初步地质调查工作。其任务是检查、分析引起异常的原因，对异常区的成矿条件、矿产类型进行评价。经检查后，如果判断是由矿体或与矿产有关的地质体引起的异常，则需配合必要的探矿工程进行揭露，验证后作出初步评价。

重砂工作的全过程一般包括地区选择、准备工作、野外工作、室内工作等四个步骤，其详细工作程序如重砂工作程序图所示。

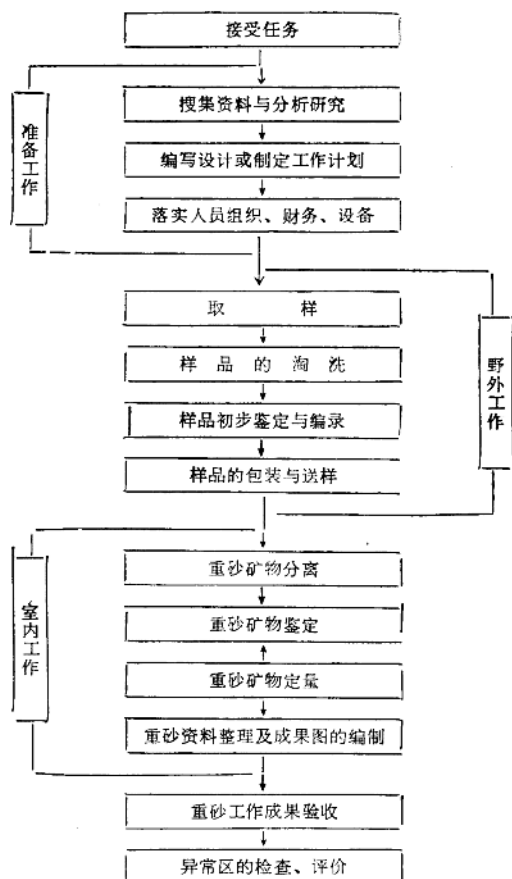
三、重砂矿物分析的种类和项目

根据重砂矿物分析目的和要求的不同，可将其分为定性分析和定量分析两类。

重砂矿物定性分析：通过鉴定和分析（根据矿物的物理性质、化学性质、光学性质以及其他特征），确定矿物名称和矿物种类。

重砂矿物定量分析：采用适当方法求出重砂中某种矿物的含量。方法的选择是根据矿物组合特征、待定矿物粒度、在砂样中的含量、分离的难易程度、地质研究程度以及定量的目的等因素确定的。重砂矿物定量方法可分为两大类：矿物定量法和化学定量法。前者是重砂矿物定量的常用方法，根据精度不同又分为重量法、数粒法、目估法。后者是对砂

重砂工作程序图



样的特征元素和待定量单矿物的特征元素进行化学分析，然后通过计算得出矿物的含量。

重砂矿物分析项目有单项—多项分析和全分析。

单项—多项分析：要求对样品中有用矿物和与有用矿物相伴生的有指示意义的矿物进行定性和定量分析。根据需要对矿物的特征进行综合性描述。

全分析：要求对砂样中出现的所有矿物进行定性和定量分析并描述其特征。

四、重砂测量与分析的发展简史与发展趋势

我国是最早广泛开发利用自然矿物原料的文明古国之一。早在公元1000多年前，对金和辰砂等砂矿的产状和矿物形态就有了一定的认识而且曾进行过开发和利用。《本草纲目》引汉代杨孚《异物志》：“云南出块颗金，在山石间采之”。《天工开物》一书中有“山石中所出大者马蹄金、中者橄榄金、小者麸皮金、糠金”之说，这些述及的显然是指残积金而言；《博物志》（270—290年）山有沙者生金……亦明金，虽在山上而产在沙也。”由此叙述可知是指坡积金矿而言；《山海经》郭璞注“今永昌（云南保山）出水金如糠在水中”。

《韩非子·内储说上》中记载：丽水（金沙江）中生金《管子·轻重甲》中记载“楚国有汝（今

汝河) 汉(今汉水)之黄金”。均指冲积砂金。对辰砂砂矿产状亦有明确的认识。对河流中的“丹砂”(辰砂), 在《山海经》的《五藏山经》中的《西山经》、《中山经》、《南山经》中提到十处辰砂产地, 有六处在水中, 称为丹粟(即丹砂, 指粒细如粟的辰砂)(据王根元, 1984年)。据《读史方輿记要》, 唐武德初年(约公元618年)因贵州岭巩县北70km的溪水中产丹砂, 还曾在那里设立过丹川县。《方輿胜览》中指出:“辰溪县大酉洞在县西十二里, 深广二里, 石笋倒垂, 泉水沸涌, 相传出丹砂自洞中流中”。显然这是指溶洞地下水冲积砂矿。在矿产的利用上很早就开始了, 据《史记》记载在医学上将辰砂作为内服药和外敷药用。以及用辰砂提炼汞。由此可见重砂地质工作的萌芽早已产生。然而在漫长的封建社会里, 由于生产力水平低, 生产技术和矿业方面发展缓慢, 使矿产的开发利用处于停滞落后状态。因此, 有关重砂测量与分析工作的理论、方法均不为人们所重视, 重砂地质工作的知识也是一些零星的记载, 无人进行系统的归纳与研究。

自1949年后, 为满足国民经济建设对矿产资源的需要, 在全国范围内开展了大规模的区域地质调查和矿产普查与勘探工作, 与此同时, 重砂测量与分析方法也得到了迅速发展, 50年代初期广东省地质局为配合区测找矿首先开展了重砂测量工作, 组成了专门的重砂工作队伍。同时建立了重砂矿物分析实验室, 能及时为找矿工作提供重砂矿物分析资料。由于配合得力, 在该测区内, 发现了金、辰砂、钨、锡、铅、锌、钛铁矿等矿点十余处。并在工作中积累了丰富的经验。在这期间其他省地质局也陆续成立了重砂队伍。为了使重砂法在找矿工作中发挥更大的作用, 于1958年召开了全国重砂分析工作经验交流会。此后重砂工作成为各省地质局找矿中不可缺少的成果。至今在全国范围内(边远地区除外), 凡有中小比例尺地质图的地区, 绝大多数都已具有相应比例尺的重砂成果图。据统计, 近四十年来, 由于开展了全国性的大规模区域地质调查、矿产普查和勘探工作, 发现了至今世界上已知的150种矿产, 20多万个矿点。已探明的矿产储量有130多种, 其中稀土、钨、锡、钼、锑、铅、锌、汞、铁、钒、钛、硫、磷、石棉、石墨、萤石、菱铁矿等20种矿产的储量居世界前列, 为我国四化建设提供了雄厚的物质基础。在矿产的勘查工作中, 重砂法起到了相当重要的作用。

重砂测量与分析不仅在矿产勘查中起到了重要作用, 而且在基础地质研究中也起到了重要的作用。50年代, 广东省地质局对南岭花岗岩的研究中就利用副矿物锆石作为岩体对比、岩相划分的依据, 收到了良好效果。相继又出版了华南花岗岩、天山花岗岩等专著, 其中副矿物特征的描述都占有一定篇幅。随着重砂工作全面铺开的同时, 重砂矿物分析用的仪器设备研制工作也得到大力发展。如常用的双目显微镜在云南光学仪器厂、上海光学仪器厂、南京光学仪器厂等批量生产。不久前研究矿物发光用的荧光显微镜、紫外分析仪等研制成功并投放市场。值得提出的是矿物分离仪器中, 上海地质仪器厂研制了高频介电分离仪, 对介电常数有差别的微细矿物的分离能获得满意的效果。而且与国外采用的低频介电分离仪相比, 它的优点是操作简便、安全。与此同时苏清心等人研制了电磁液体分离仪获得成功, 该仪器对分离微细粒级的金刚石、金等矿物有独特之处。

重砂测量与分析蓬勃发展的初期, 宋天锐撰写的《重砂矿物分析》一书于1957年出版, 这是我国第一本重砂矿物方面的书。它侧重于分离方法内容的论述, 无疑对我国重砂矿物分离工作开展起了推动作用。此后又有《重砂矿物化学鉴定法》、《重砂矿物分析方法经验汇编》、《单矿物分选方法》、《砂矿物鉴定手册》等书陆续出版。目前我国的重砂工

作正在蓬勃发展，队伍茁壮成长。国外重砂研究方面值得提出的是苏联地质学者在这方面的成就。他们在重砂地质的理论和实际应用方面的研究是卓有成效的。远在本世纪20年代至40年代陆续出版了有关著作。代表性的如1934年出版了E·A·沃罗诺娃和T·B·泽耶曼的著作《重砂矿物分析法》，1938年IO·A·毕力宾的《砂矿地质学》等。所有这些成果与著作对重砂法找矿以及该学科的发展均起到了重大的推动作用。

重砂测量与分析虽然是一个较为传统的找矿方法和有效的地质研究手段。但随着找矿工作难度的日益增大和基础地质研究深度的逐渐增加以及科学技术水平的提高，它的研究领域也不断得以扩大，采用的技术方法手段亦有许多新进展。当前它已成为现代矿产勘查和基础地质研究中的重要技术手段和不可缺少的一个方面。

近年来，随着矿产地质和基础地质研究工作的深入开展，现代测试技术的突飞猛进，重砂测量与分析的研究领域与范围，出现了如下一些发展趋势与方向：

1. 重砂测量与分析已由原来单纯研究重砂找矿和重砂矿物鉴定的工作方法阶段，进入探讨砂矿物成因及据其资料分析地质作用的新时期。其研究对象还包括某些轻矿物；不仅要求能解决找矿问题，而且要求着重分析它在地质研究中的应用，强调矿物标型与矿物共生组合的地质成因意义。苏联目前已开始着手拟定根据矿物的精确物性参数来鉴别地质作用的准则，力图提高找矿效果，确立新的矿物普查标志与方法。

2. 利用人工重砂——副矿物研究基础地质问题的重要意义，目前已被大多数地质学者公认。众所周知，副矿物是岩石中含量较少的矿物，它是长期地质作用中不断析出的产物，所以往往形成于若干个世代。而不同世代的副矿物其形态、颜色、成分、结构等都有差别。因此，利用副矿物的标型特征可准确地揭示地质作用发生、发展的一系列演化过程，这些副矿物可称为“地质作用灵敏指示剂”。在岩浆岩研究中，副矿物中的微量、痕量成分的组合特征是侵入体含矿性和岩石成因的标志。晶体形态是判断介质化学性质特点的标志。副矿物组合、标型特征是用以进行岩相划分、分析岩体剥蚀深度、进行岩体对比、确定岩体与矿体的关系等的重要标志；在变质岩的研究中可用以恢复变质原岩，进行变质相系划分、确定岩体与矿体的关系等；在沉积岩的研究中，用以地层亚相的划分、地层对比、岩相古地理和古气候环境的确定等。人工重砂——副矿物工作对上述研究课题均能提供可靠信息和资料。重砂矿物的物性测试数据的地质应用是当前重砂测量与分析研究中的一个热门课题。苏联学者曾利用磷灰石的光致发光——具有独特紫色—浅紫色的荧光（这是由于矿物晶格中含 Ce^{2+} 和 Eu^{2+} ），来确定其产状（产自地幔岩石中），配合航磁异常有效地发现金伯利岩的分布区。根据矿物磁性参数变化规律、逆磁矿物中混入顺磁性元素的种类、浓度、赋存形式等研究判断隐伏矿体（盲矿体）和深部矿体评价以及矿体的剥蚀程度等，均取得令人满意的成果。

3. 更新、改进现有测试仪器、设备，向机械化、自动化、连续化和轻便化的方向发展，以提高重砂测量与分析的效率和效果。目前国内外大力发展的微区、微量、微观测试技术，以及红外吸收光谱、穆斯堡尔谱，顺磁共振谱等已是研究矿物标型特征的重要手段。

4. 工作方法上近年来更注意了野外与室内工作结合，宏观与微观结合，定性 with 定量结合，充分发挥现有仪器效能，改进野外取样与淘洗的技术手段方法；研究分离、鉴定、测试及成果整理的连续化、自动化的工作流程线，进而不断地改进与提高重砂测量与分析技

术。另外，在重砂测试数据的电算处理，研究适用于野外的近代测试技术装备，建立流动的矿物分析实验室及矿物定量标准化和矿物数据库等方面也都取得了可喜的进展。

总之，重砂测量与分析是一门具有很大实际意义的地质技术学科，重砂测量与分析工作是一个具有广阔发展前景的应用地质学科。目前，它已经发展成为应用矿物学的一个重要分支。它必将随着我国四化建设进程而迅速发展，也必将为我国现代化矿产地质勘查和基础地质研究提供更多、更新的矿物学信息和资料，为四化建设作出新的贡献。

第一章 重砂测量

重砂测量是一种找矿方法。它是以各种疏松沉积物中的自然重砂矿物为主要研究对象，以解决与有用重砂矿物有关的矿产及地质问题为主要内容，以重砂取样为主要手段，以追索寻找砂矿和原生矿为主要目的的一种地质找矿方法。

重砂测量的找矿过程是沿水系、山坡或海滨对疏松沉积物（冲积物、洪积物、坡积物、残积物、滨海沉积物、冰积物以及风积物等）系统取样，经重砂室内分析和资料综合整理，并结合工作区的地质、地貌特征、重砂矿物的机械分散晕或分散流和其他找矿标志等来圈定重砂异常区（地段），从而进一步发现砂矿床和追索寻找原生矿床。

第一节 重砂测量的基本原理

一、重砂机械分散晕（流）的形成

矿源母体（矿体或其他含有有用矿物的地质体）一旦暴露地表，受到大气、水、生物等引发的物理和化学风化作用，形成碎屑物、不溶残渣及溶解物质等风化产物。其中的碎屑物则是由物理风化造成的，即以崩解的方式机械地将矿源母体露头碎裂成碎块和碎屑，并从中进一步解离出单体矿物。在漫长的作用过程中，矿物按其稳定性顺序被淘汰或得以保留。随着风化作用的继续，不稳定矿物进一步分解而逐渐消失，稳定和较稳定矿物中的重砂矿物保留原地或附近，其中一部分在地表水流和重力作用下，以机械搬运的方式沿地形坡度迁移到坡积层，形成该重砂矿物的相对高含量带，它与在原地残积层中的高含量带一起，被称之为某矿物的机械分散晕。有些矿物颗粒进一步迁移到沟谷水系中，由于水流的搬运和沉积作用使之在冲积层中富集为相对高含量带，这称之为矿物的机械分散流。

重砂机械分散晕（流）的形成是矿源母体遭受风化剥蚀的结果，重砂矿物经历了搬运、分选、沉积等综合作用，其分布范围较矿源母体大得多，故成为较易发现的直接找矿标志。

二、重砂机械分散晕（流）的控制因素

对重砂机械分散晕（流）起控制作用的主要有矿源母体的性质和产状、矿物的性质、流水条件以及地貌等因素。

1. 矿源母体是重砂机械分散晕（流）的物质来源，其类型控制了晕（流）的矿物组合；其形态、产状、规模及出露位置也控制了晕（流）的形态和分布。显然，倘若掌握了重砂分散晕（流）的特征，也就可以推断矿源母体的性质、产状等情况。如晕（流）中有蓝晶石和红柱石等矿物出现，就可推断其母体为区域变质岩；重砂矿物中含铬镓铝榴石和铬透辉石，则可推测附近有金伯利岩，并有可能找到金刚石矿床；如在以锡石为主的重砂样品中还出现了铌铁矿、钽铁矿、锂云母、锂辉石等稀有元素矿物，则说明该异常是伟晶岩类型锡石矿所形成的机械分散晕（流）。此类因果关系的例子很多，不胜枚举。

2. 矿物的物理和化学性质直接影响矿物在风化、搬运、分选、沉积与富集等过程中

的性状。物理性质决定了矿物抵抗机械破坏的能力；化学性质决定矿物溶解的难易程度。显然，物、化性质皆较稳定的矿物才能形成规模较大的、更加富集的重砂分散晕（流），反之亦然。

3. 流水是重砂矿物迁移、分选、沉积和富集等作用的主要动力。流水作用使比重、粒度、形状各异的矿物随着搬运距离及其他控制因素的改变得以分选与沉积。根据经验数据可知，流水的搬运能力与水流速度的六次方成正比。可见，水动力条件对重砂分散流的控制作用是极其重要的。

4. 地貌因素直接影响矿源母体的风化程度及其产物的搬运与沉积过程，故也控制着重砂分散晕（流）的形态与规模。

总之，矿源母体为重砂分散晕（流）提供了物质来源；流水条件决定其动力情况；矿物性质与地貌因素则控制了重砂分散晕（流）的形态与规模。在这些因素综合作用下，同一重砂分散晕（流）中，愈接近矿源母体重砂矿物粒度愈大，含量愈高，磨圆度愈差，共生矿物种类愈多。重砂找矿的原理也在于此，即遵循这变化规律，结合地质环境与地貌特征的分析，由河流冲积层逆流而上，追索到坡积层、残积层直至矿源母体，从而找到砂矿床和原生矿床。

三、重砂机械分散晕（流）的分布规律

（一）重砂分散晕的分布规律

前已述及，重砂分散晕的形态与规模主要受地貌条件及矿源母体的出露位置、规模、形态、产状等因素的控制。大体有以下规律：

1. 矿源母体所处的地形位置与重砂分散晕分布、规模的关系

矿源母体位于低山斜坡上部和凹谷侧缘时，分散晕规模大。斜坡越陡，规模越大。分散晕沿凹谷扩展，规模最大。但是，如矿源母体位于低山坡脚时，分散晕的规模最小。

2. 矿源母体的形态、产状与重砂分散晕形态的关系

（1）巢状、柱状、等轴状矿体 分散晕自母体出露处沿斜坡向下呈扇形分布。斜坡陡时扇形狭长，斜坡缓时扇形开阔（图1-1-a）。

（2）脉状、似层状矿体 当其走向垂直地形等高线时，其分散晕也呈扇形分布，晕

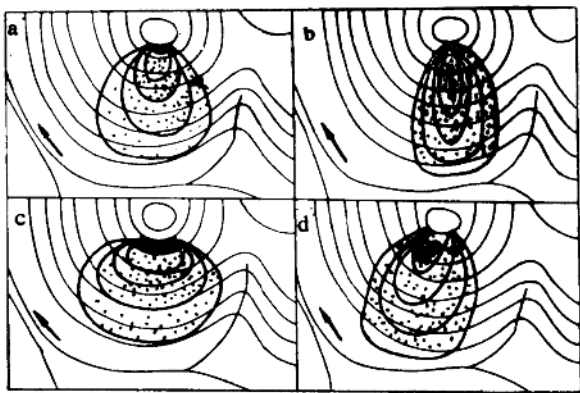


图 1-1 不同产状矿体机械分散晕形态平面图
（该图引用长春地质学院内部使用的《重砂工作参考手册》）

的宽度随斜坡的陡缓变窄或加宽。但由于矿体走向与等高线走向相垂直,这种扇形晕一般都较狭窄(图1-1-b)。

(3) 矿脉、矿带顺地形等高线的斜坡分布时,其重砂分散晕呈梯形出现(图1-1-c)。

(4) 含矿带与山坡等高线斜交时,其重砂分散晕呈不规则的扇形或斜梯形(图1-1-d)。

3. 重砂分散晕形状及晕中重砂矿物的含量与残、坡积层厚度及微地貌的关系

当坡积层的厚度小于5m时,重砂分散晕中的重砂矿物含量由地表向下逐渐增高。但当坡积物经过一定距离的迁移之后,由于大量碎屑坡积物的加入,使重砂矿物含量明显降低,从而使得深部层位的含量低于地表的含量(图1-2)。

4. 残、坡积层中重砂矿物粒度、含量及其组合变化的规律

重砂矿物粒度大小,首先取决于它们在矿源母体中的原始粒度;其次则取决于重矿物的性质和搬运距离。一般为越近“母体”,矿物粒度越大。在同一重砂分散晕中,矿物的含量随迁移距离的增大逐渐降低,矿物组合中“成员”也逐渐减少。

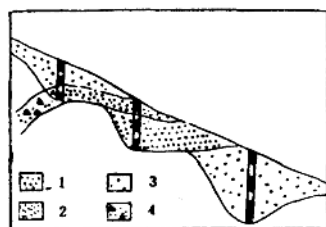


图 1-2 重砂机械分散分布图
(据长春地质学院内部使用的《重砂工作参考手册》)

1—高含量, 2—中含量, 3—低含量,
4—原生矿

(二) 重砂分散流的分布规律

1. 重砂矿物含量、粒度及磨圆度与重砂分散流结构及长度的关系

重砂分散流处于近矿源母体的部分谓之其“头部”,而远离部分(头部与矿物含量变化的拐点之间的分散流部分)则称为“尾部”。重砂分散流“头部”重砂矿物混合性低、磨圆度差、但含量却较高。“尾部”的矿物混合性高,磨圆好、而矿物含量则显著降低。某地区1:5万重砂取样所圈出的辰砂和白钨矿的分散流的分布规律就反映这种特征(表1-1)。

表 1-1 机械分散流分布规律

矿物名称	矿床类型	辰砂、白钨矿沿水系变化											搬运距离	
		矿床附近			1—2km			2—4km			4—7km			
		颗粒数	粒度 (mm)	形态	颗粒数	粒度 (mm)	形态	颗粒数	粒度 (mm)	形态	颗粒数	粒度 (mm)		形态
辰砂	裂隙	200	<0.1	棱角状	10	<0.1	次棱角状	8	<0.1	次棱角状	1	<0.1	浑圆	
	充填型	1000 g/m ³	2		100 g/m ³	0.5		40 粒	0.25		5 粒	0.15		
白钨矿	砂卡	>1000	2	四方双锥	100	0.5	棱角状	>1000	0.1	次浑圆状	80	<0.1	浑圆	
	岩型	g/m ³	4		500 g/m ³	1		粒	0.5		150 粒	0.3		

由表1-1可见,分散流“头部”辰砂和白钨矿颗粒较大,含量较高,磨圆度低。辰砂分散流“尾部”距矿源母体为4—7km,而白钨矿分散流“尾部”却>7km。说明矿物稳定性不同,分散流的结构、长度也有区别。

2. 重砂分散流中矿物含量与矿化的关系

重砂分散流中矿物含量越高,指示的矿化就越强,但不同矿种的不同矿化强度却有不同矿物含量。仍以辰砂和白钨矿为例,从表1-1可见,它们的情况是有很大差异的。分散流中辰砂含量为1—5粒,粒度 $<0.2\text{mm}$ 时可作为区域背景值;5粒以上为最低异常含量;100粒以上则为高异常含量且与矿化有关;500粒以上者为近矿异常。白钨矿则要高得多,其区域背景含量为80粒以上;最低异常含量为150粒以上;高异常含量在1000粒以上;而 $>100\text{g/m}^3$ 者为近矿异常。

3. 重砂分散流的矿物粒度及其磨圆度与运移距离的关系

矿物的粒度随其运移距离加大而变小。有些具某些特性的矿物,不仅粒度有变化,而且形态也发生变化。如黑钨矿性脆且具一组极完全的解理,随其运移距离加大由初离“母体”的柱状变为板状,再由板状变成片状。自然金也有类似情况,如吉林省某砂金矿床从上游—中游—下游,砂金形态由粒、板状为主—板状为主—片状为主(图1-3)。

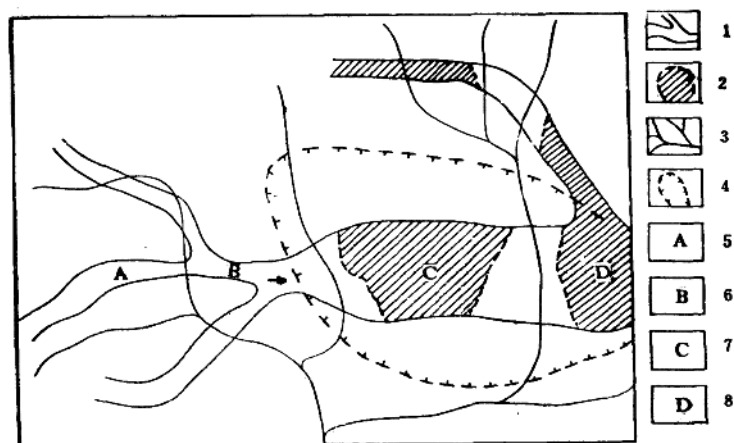


图 1-3 吉林某砂金矿古河网分布示意图
(据长春地质学院内部使用的《重砂工作参考手册》)

- 1—古河道; 2—古河道残留沉积物及砂金富集地段; 3—现代水系; 4—新生代盆地; 5—豹虎岭(上游, 金以粒状、板状为主); 6—金泉岗(中游、金以板状为主); 7—黄松甸子(下游、金以板状和片状为主); 8—老头沟(下游、金以板状和片状为主)

第二节 重砂测量的野外工作方法

重砂测量野外工作的主要任务是研究重砂样品的时空分布和取得重砂样品的原始资料。其工作内容主要有样品采取、样品淘洗、样品初步鉴定和编录等。

一、重砂取样

重砂取样是重砂测量工作的重要环节,也是影响重砂测量效果的基本因素之一。因此必须根据重砂工作的目的要求及工作区地质构造特点,根据总体部署方法,合适的间距、正确的位置和深度采取一定重量的疏松沉积物作为重砂样品。