|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 07.060 |
| CCS | D 40 |

|  |
| --- |
| 32 |

江苏省地方标准

DB 32/T XXXX—XXXX

重砂测量技术规程

Technical specifications of heavy placer mineral survey

（报批稿）

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

江苏省市场监督管理局  发布

目次

[前言 III](#_Toc137125640)

[1 范围 1](#_Toc137125641)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc137125642)

[3 术语和定义 1](#_Toc137125643)

[4 重砂测量工作流程 2](#_Toc137125644)

[5 重砂测量设计编写 2](#_Toc137125645)

[5.1 资料收集与分析研究 2](#_Toc137125646)

[5.2 踏勘性方法试验 4](#_Toc137125647)

[5.3 设计书编写 4](#_Toc137125648)

[5.4 工作部署 4](#_Toc137125649)

[6 重砂测量野外施工 6](#_Toc137125650)

[6.1 重砂样品采集 6](#_Toc137125651)

[6.2 重砂样品加工 9](#_Toc137125652)

[6.3 初步鉴定和编录 11](#_Toc137125653)

[7 鉴定分析 12](#_Toc137125654)

[7.1 实验室样品分析 12](#_Toc137125655)

[7.2 重砂矿物分离 12](#_Toc137125656)

[7.3 重砂矿物鉴定 12](#_Toc137125657)

[7.4 重砂矿物定量 12](#_Toc137125658)

[7.5 重砂矿物分析 12](#_Toc137125659)

[7.6 实验室分析结果 12](#_Toc137125660)

[8 综合研究 13](#_Toc137125661)

[8.1 数据处理 13](#_Toc137125662)

[8.2 图件编制 13](#_Toc137125663)

[8.3 异常解释与检查 15](#_Toc137125664)

[8.4 综合研究及报告编写 16](#_Toc137125665)

[8.5 数据库建设 16](#_Toc137125666)

[9 质量控制 17](#_Toc137125667)

[9.1 采样质量控制 17](#_Toc137125668)

[9.2 淘洗质量控制 17](#_Toc137125669)

[9.3 实验室分析质量控制 18](#_Toc137125670)

[10 资料汇交 18](#_Toc137125671)

[附录A（规范性） 重砂样品野外采集 19](#_Toc137125672)

[附录B（资料性） 样品制备 23](#_Toc137125673)

[附录C（资料性） 图件制作 25](#_Toc137125674)

[附录D（资料性） 主要重砂矿物组合 31](#_Toc137125675)

[参考文献 33](#_Toc137125676)

1. 前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省自然资源厅提出并归口。

本文件起草单位：江苏省地质勘查技术院、江苏省地质学会、中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所、江苏省矿业协会。

本文件主要起草人：梁胜跃、徐小松、顾晟彦、刘建东、徐明钻、姚维军、徐祖阳、黄岩、陈峰、贺淑燕、罗丁、黄辰辰、黄倩、赵倩、詹庚申、段壮、张振宇、孙跃、张必敏、弓秋丽、席明杰、聂兰士、陆元林。

重砂测量技术规程

* 1. 范围

本文件规定了重砂测量工作流程、设计编写、野外施工、鉴定分析、综合研究、质量控制、资料汇交等方面要求。

本文件适用于平原、低山丘陵、海洋等地貌地区的重砂测量工作。

* 1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 958 区域地质图图例

GB/T 13989 国家基本比例尺地形图分幅和编号

GB/T 18341 地质矿产勘查测量规范

GB/T 33444 固体矿产勘查工作规范

DZ/T 0130.9 地质矿产实验室测试质量管理规范 第9部分：岩石矿物样品鉴定

DZ 0141 地质勘查坑探规程

DZ/T 0145 土壤地球化学测量规程

DZ/T 0167 区域地球化学勘查规范（1:200 000）

DZ/T 0208 矿产地质勘查规范 金属砂矿类

DZ/T 0227 地质岩心钻探规程

DZ/T 0295 土地质量地球化学评价规范

DZ/T 0374 绿色地质勘查工作规范

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

NY/T 395 农田土壤环境质量监测技术规范

DD 2010-05 矿产远景调查技术要求

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

重砂 heavy concentrate

由比重较大、物理和化学性质比较稳定的矿物颗粒所组成的松散聚合体。

重矿物 heavy mineral

比重大于2.8，物理性质和化学性质比较稳定的矿物。

重砂矿物 heavy placer mineral

岩石或矿石遭受风化、破坏所形成的碎屑物质，以及经搬运、分选而沉积的松散的机械沉积砂粒，其中所含比重较大（一般2.8以上）、机械性质（矿物形态、结构在外力作用的反应）和化学性质比较稳定的矿物。

自然重砂 natural heavy mineral

赋存于松散沉积物中，经过淘洗后获得的重砂。

人工重砂 artificial heavy mineral

用人工方法破碎的岩石或矿石样品，再经淘洗后获得的重砂。

灰砂 grey sand

在重砂矿物淘洗分离过程中，轻矿物（如长石、石英）等大部分分离出去，而重矿物（磁铁矿、钛铁矿、绿帘石等）在残余砂中占二分之一以上，由于重矿物一般颜色较深，使砂样呈灰色，故称为灰砂。

重砂测量 heavy placer mineral survey

原为[矿产普查](https://baike.baidu.com/item/%E7%9F%BF%E4%BA%A7%E6%99%AE%E6%9F%A5/2216326?fromModule=lemma_inlink)和[区域地质调查](https://baike.baidu.com/item/%E5%8C%BA%E5%9F%9F%E5%9C%B0%E8%B4%A8%E8%B0%83%E6%9F%A5/1447530?fromModule=lemma_inlink)中广泛使用的一种找矿方法，其过程是沿水系、山坡或海滨等，对松散沉积物（包括冲积、洪积、坡积、残积、滨海沉积等）系统采集样品，通过重砂分析和综合整理，结合工作地区的地质、地貌条件及其他找矿标志，发现并圈出矿产机械分散晕，即[有用矿物](https://baike.baidu.com/item/%E6%9C%89%E7%94%A8%E7%9F%BF%E7%89%A9/7944861?fromModule=lemma_inlink)（或与矿产密切相关的指示矿物）的重砂异常，据此进一步追索原生矿床或砂矿床。本文件将其服务范围延伸至海洋地质、环境地质等领域，以各种松散沉积物、土壤、岩石和矿石等一种或几种介质中的重砂矿物为主要研究对象，以重砂采样、分析为主要手段，解决矿产地质、基础地质、环境地质、海洋地质等相关问题。

重砂异常 heavy mineral anomaly

重砂矿物含量较背景值具明显偏高或偏低或出现关键矿物的区域，在能源资源勘查、环境污染调查、地质科学研究等方面具有重要的指示意义。

* 1. 重砂测量工作流程

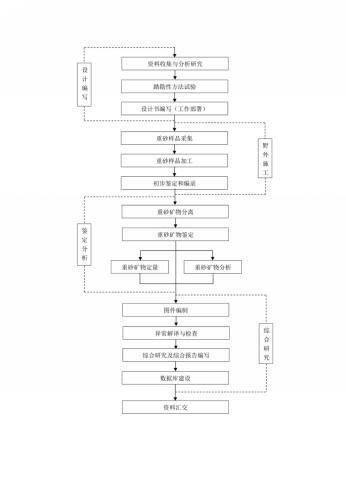
重砂测量工作流程如图1所示。

* 1. 重砂测量设计编写
     1. 资料收集与分析研究

对以下资料进行收集：

1. 重砂测量、区域地质、矿产资源、地球化学、地球物理资料；
2. 环境地质、海洋地质资料；
3. 矿业权分布情况资料；
4. 地形图及遥感影像图；
5. 地理地貌、产业布局、交通人文等资料；
6. 污染事件和可能的污染源相关资料。

对5.1.1收集资料的应用及存在的问题进行评述。



1. 重砂测量工作流程
   * 1. 踏勘性方法试验

踏勘性方法试验应遵循以下要求：

1. 设计编写前，视工作区工作程度、具体工作任务和野外工作需要，应开展必要的踏勘性方法试验，从整体上对工作区地质、矿产、环境、自然地理、地形地貌、植被覆盖、社会经济、道路交通等情况进行概略了解，对室内收集的有关资料进行必要的野外验证；
2. 应进一步了解工作区重砂样品的主要矿物组成、矿物来源、有利采样部位、采样体积/重量、粒径、层位等信息；
3. 踏勘性方法试验应形成试验报告，应包含适合工作区的工作部署原则、调查介质、采集方法（层位、深度、干扰排除等）、样品加工（淘洗、干燥、包装等）等方面的指导性建议。
   * 1. 设计书编写
        1. 编写依据

项目承担单位根据相关规范、任务书或委托方合同要求编写设计书。

* + - 1. 编写内容

设计书编写应结合实际、客观可行，设计书内容应齐全，文字应简明扼要。

设计书内容主要包括以下方面：

1. 前言；
2. 工作区概况；
3. 以往工作程度及评述；
4. 野外工作技术方法与质量要求；
5. 样品鉴定与质量监控；
6. 数据处理及图件编制；
7. 异常查证与评价；
8. 实物工作量与预期成果；
9. 组织管理人员及装备；
10. 经费预算；
11. 质量管理与技术保障措施；
12. 工作部署图等附图。
    * + 1. 设计书审批和变更

设计书由委托单位审查后，方可实施。

设计书变更需报请原审批单位批准。

* + 1. 工作部署
       1. 总体原则

区域性或面积性重砂测量工作部署应考虑布点的代表性、均匀性、合理性，其他重砂测量（异常查证、专项调查等）应考虑代表性、系统性、针对性。

* + - 1. 采样点布设方法及密度要求
         1. 采样点布设方法

总体布设方法

总体布设方法应遵循以下要求：

1. 自然重砂测量：区域性或面积性重砂测量的部署一般采用“水系法”“最小水域法”“测网法”，其他类重砂测量（异常查证、专项调查等）可选择“路线法”“地块法”方法；
2. 人工重砂测量：根据工作目的在特定的目标地质体中布点，在岩（矿）石、裂隙、脉体、蚀变带、岩心等中取样，点位布设应根据目标地质体特征，以充分控制目标地质体，达到研究目的和工作精度为原则。

具体布点方法

具体布点方法如下：

1. 水系法：适用于二级及更大水系的系统采样，以及部分地质条件简单的平原（海积平原、古泻湖平原、三角洲平原）的区域性重砂测量，具体布点方法按DD 2010-05描述的水系法重砂取样点的部署；
2. 最小水域法：适用于中低山丘陵和部分地质条件复杂的平原（河流泛滥平原、山前冲积平原）开展区域性重砂测量，具体布点方法按DD 2010-05描述的最小水域法重砂取样点的部署；
3. 测网法：规则测网适用于各类冲积平原和海洋开展非标准图幅面积性重砂测量，不规则测网适用于地形起伏较大的低山丘陵开展小范围的面积性重砂测量工作；线距应小于目标体（含矿带、地质体或其他目标体）的最小分散晕长的一半，点距应小于晕宽的一半；“蜘蛛网”状测网采样线垂直地形等高线呈放射状布设；
4. 路线法：适用于配合区域性调查、踏勘性方法试验以及地质科学研究等，不受地貌限制，不固定采样密度和间距；
5. 地块法：主要适用于城镇、工矿企业等典型污染源周边或发现重金属超标的林地、农田等地区，根据调查目的及场地规划进行点位布设和加密。
   * + - 1. 点位密度要求

区域性矿产勘查重砂测量的点位密度

区域性矿产勘查重砂测量的点位密度应遵循以下要求：

1. 不同地貌区点位密度原则：低山丘陵地区点位密度参照对应比例尺水系沉积物测量点位平均密度的1/2；平原区点位密度参照对应比例尺水系沉积物测量点位平均密度的1/4；海洋区点位密度按照对应比例尺水系沉积物测量点位密度的1/4～1/16，总体上近海密、远海疏，重点地区加密；
2. 不同比例尺点位密度原则：1:50 000及以下的小比例尺重砂测量点位密度，根据5.4.2.2.1中a）不同地貌区点位密度原则，参考DZ/T 0167中水系沉积物点位密度执行；1:50 000以上更大比例尺的点位密度根据工作目的参考GB/T 33444重砂取样密度、DZ/T 0145土壤测量网度执行，在5.4.2.2.1中a）基础上应再抽稀1/2。

其他类型重砂测量点位密度

基础地质调查、环境地质调查、海洋地质调查等项目，点位密度应结合地质构造复杂程度、地貌条件、重矿物赋存特征等，达到控制调查对象关键信息并适度覆盖背景区。在开展耕地类、环境类、生态类调查时，根据工作目的在参考NY/T 395监测点布设、HJ/T 166布点与样点数量、DZ/T 0295土壤样点布设的基础上抽稀1/2～1/4，以满足工作需要为准。

平行样点位密度

平行样应与原样同时采集、处理，平行样数为总采样数的2％～3％，点位兼顾均匀性。样品量小于10件可不采集平行样。

* + - * 1. 样品编码原则

区域性重砂测量样品编码原则

区域性重砂测量应遵循以下要求：

1. 1：50 000区域性重砂测量：在地形图或经校正的遥感影像图上以4 km2为一个采样大格，大格由左至右、自上而下顺序编号；在每个大格中划分为4个小格（1 km2），标号顺序由左至右、自上而下为A、B、C、D，并在标号后用阿拉伯数字注明第几号样品；样品号前冠以图幅名称首字母，如果多幅联测首个文字的首字母相同，则在首字母后再加上第二个文字的首字母予以区分；每个采样大格至少有1件样品；

**示例：**南京市幅（I\*\*\*E\*\*\*\*\*）左上角第一个大格内第一个小格的第一件样品的编号为I001A001；

1. 1：250 000区域性重砂测量：在地形图或经校正的遥感影像图上以16 km2为一个采样大格，小格划分原则、编号原则和样品号定名原则均参照5.4.2.3.1中a）的原则，每个采样大格至少有1件样品；
2. 其他比例尺的区域重砂测量：在地形图或经校正的遥感影像图上，采样大格面积应根据比例尺和工作精度确定，编号原则和样品号定名原则参照5.4.2.3.1中a）的原则，每个采样大格至少有1件样品。

其他类型重砂测量样品编码原则

样品号前冠以2个～3个字母组合，字母组合从代表采样地区、矿区、测线、浅坑、浅井、探槽、钻孔等信息的首字母中选取，样品号按照点位布设顺序编号，从左到右、从上到下间隔1个数编号。

**示例：**南京市栖霞山铅锌银矿探槽中第一件样品和第二件样品的编号依次为NQT001和NQT003。

平行样样品编码原则

采用5.4.2.3.1和5.4.2.3.2中预留编号，每100件样品编号内预留2个～3个号码作为平行样编号。

* 1. 重砂测量野外施工
     1. 重砂样品采集
        1. 自然重砂样品采集
           1. 自然重砂野外采样点位选择

水系沉积物类采样点位选择

水系沉积物采样点位布设应遵循以下要求：

1. 现代冲积层采样：在二级水系下游，河流流速显著变缓处或河床基底有利于停积重砂的位置进行采样；
2. 阶地采样：在河流拐弯的外侧，由水流侧蚀作用冲刷剥露的阶地剖面处或阶地边缘塌陷裸露处采样。

其他类型重砂采样点位选择

其他介质重砂点位布设应遵循以下要求：

1. 土壤重砂采样：应根据调查目的确定点位，坡积层采样应在有利于重矿物富集的相对低洼的坡面上或垂直重矿物来源方向的坡脚处采样；残积层采样应选择原地风化的、有机质较少的土壤处采样；若设计点位附近存在影响工作目的的干扰源，应予以避让；
2. 滨岸重砂采样：应沿着垂直湖岸或海岸方向寻找有利重矿物富集的低洼地带，巨大砾石及其他障碍物附近有明显富集重矿物的地段采样；
3. 海底湖底沉积物重砂采样：针对现代沉积物为调查对象的，应在河流入海、湖口的冲积扇中采集；以历史沉积物为调查对象的，应结合地球物理探测成果选择在古河道内采样，或根据水下地形探测优选负地形地带采样。
   * + - 1. 自然重砂采样介质与采样深度

自然重砂采样介质

采样介质主要为分选差的、大小掺杂的卵石、小砾石以及粗砂组成的砂砾。

自然重砂采样深度

重砂测量原则是以控制目标层位为主要目的，在无法确定目标层位时，应在踏勘性方法试验的基础上确定采样深度，不应机械套用采样深度。

* + - * 1. 自然重砂采样方法及技术要求

浅坑法

适用于冲积物、坡积物和残积物。应采用“一点多坑法”进行采样，以大于3个采样坑组合采样。具体采样层位或深度应经踏勘性方法试验确定，冲积层采样深度宜为10 cm～50 cm，以采到砂砾层为准；坡积层采样深度宜在腐殖层以下20 cm～50 cm；残坡积层采样深度取决于残积层厚度，深度应达到基岩顶部。

刻槽法

适用于阶地剖面。阶地取样应先除去表面的松散物质，然后从顶部到基岩垂直其厚度以50 cm长的样槽按层分段连续采样。具体取样方法参照GB/T 33444样品采集的要求。

浅井法

适用于有一定深度的、稳定的、潜水面以上的第四系覆盖区，深度不超过20 m。选择刻槽、剥层或全巷等方法收集样品，分段刻槽采用相对两壁或四壁布置样槽，同段样品合并作为一个样品，样槽断面不小于0.2 m×0.1 m（宽度×深度），样长为0.2 m～1 m。具体方法参考DZ 0141浅井掘进、DZ/T 0208井探工程与取样的要求。

砂钻法

适用于较深的第四系覆盖区。将钻孔中所取得的岩心作为样品，样品长度为0.2m～1m，应视具体矿产种类而定。如砂金矿以0.2 m～0.5 m为宜，砂锡矿以0.5 m～1 m为宜，具体参考DZ/T 0208钻探工程与取样的要求。

水下采样法

水下采样适用于地表水覆盖的陆地或海底沉积物采样，方法如下：

1. 表层样取样方法：宜采用封闭的采样工具（如箱式、柱状取样器等），提取过程中不应漏水漏砂，条件具备时宜多点组合法采样；
2. 深层样取样方法：采用水上钻探方式，具体参考DZ/T 0227的要求；
3. 取样深度：沙堤、阶地、海成堆积阶地、泻湖等海岸地貌单元取样深度为1 m～2 m，海潮区取样深度在表层砂层以下20 cm。
   * + - 1. 自然重砂样品规格

自然重砂原始重砂样品体积

宜使用体积法，宜使用标有刻度的塑料桶作为野外样品采集工具。区域性重砂样品应统一样品体积为10 L～15 L，若不能淘洗出满足要求的灰砂重量，应以5 L为单位追加采样量，同时做好相应记录；非区域性自然重砂测量应在踏勘性方法试验基础上，按照5 L的整数倍确定采样体积。

自然重砂灰砂重量

灰砂重量应根据分析项目和分析方法确定：

1. 矿产勘查类：灰砂重量应不少于20 g，需进行微量元素分析的不宜少于200 g；
2. 重金属污染分析类：灰砂重量不宜少于20 g；
3. 定年、同位素分析类：灰砂重量根据目标矿物而定，不宜少于10 g。
   * + 1. 人工重砂样品采集
          1. 人工重砂野外样品点位选择

人工重砂野外样品点位选择应遵循以下要求：

1. 应考虑典型性和代表性，应能反映目标地质体的基本特征或满足特定研究目的；
2. 应选择野外露头连续、层位明确、层序或相带划分清晰的地段采样。需要在多个露头采样的，不同露头的地层、相带、岩性等应保持一致；
3. 应选择新鲜露头处或山地工程揭露处。稳定矿物（如锆石、磷灰石等）若无新鲜基岩露头，则采集岩石结构可辨的风化岩石或蚀变带样品进行替代。
   * + - 1. 人工重砂野外样品采集技术要求

人工重砂野外样品采集方法

宜用拣块法采取人工重砂样品。不能采用拣块法取样时，则采用剥层法、刻槽法或劈心法等采取人工重砂样品，同时配套采集岩石薄片鉴定样品。

岩浆岩的采样要求

相带清晰的应在每个相带的不同部位分别采样。相带不明显的应沿水平方向和垂直方向的不同部位系统采样。研究岩浆期后变化的样品应在不同混染程度的蚀变带分别采取。

沉积岩采样要求

应按所测的地层剖面进行系统采样。即使仅有零星露头样品可采，也应受地层剖面控制，并明确层位。相邻剖面采样时，应注意在岩性相近、层位相当的位置上采取。在每一较大的沉积旋回内采样时，应自下而上系统采取。

变质岩采样要求

在岩相剖面中应按变质程度分别采样，必要时沿层理方向系统取样。在混合岩中采样时要在基体、脉体和不同形态的混合岩中分別采样。

矿体采样要求

针对系统性生产或研究工作，应按一定剖面，并考虑水平与垂直方向不同部位的变化情况分别采取。针对局部性研究工作，应在围岩、矿脉、黄铁矿脉等目标矿物富集地段采样。均应按矿石的矿物组合、结构构造分别采样。

* + - * 1. 人工重砂样品重量规格

岩浆岩人工重砂原始样品重量

样品重量视岩体中副矿物多少及采样目的而定，约为10 kg。开展详细矿物学研究或测定岩石的同位素地质年龄时样品重量可加大到20 kg～50 kg，具体以踏勘性方法试验为准。

沉积岩人工重砂原始样品重量

样品重量控制在15 kg～20 kg，可根据采样目的与副矿物情况增减。

变质岩人工重砂原始样品重量

样品重量一般是10 kg～15 kg，视具体情况可减少到2 kg～5 kg。

矿体人工重砂原始样品重量

样品重量视矿种或矿石有用成分、品级高低决定，一般3 kg～10 kg。稀有、放射性、贵金属元素矿石样品可增至30 kg～50 kg。

人工重砂灰砂样品重量

人工重砂的灰砂重量要求同6.1.1.4.2中自然重砂的灰砂重量要求。

* + - 1. 重砂样品采集工具

本文件仅对主要关键参数予以明确，详见附录A的A.1。

* + 1. 重砂样品加工
       1. 自然重砂样品野外初步加工
          1. 加工流程

自然重砂样品野外初步加工流程及具体要求应满足附录A的A.2。

* + - * 1. 自然重砂样品加工预处理

称量

野外采集原始重砂样品各子样的样品量应保持大致相当，体积计量单位为升（L），重量计量单位为公斤（kg），精确到小数点后两位。

去砾

应手动剔除较大砾石，发现重要指示意义的砾石应予以描述，见附录A的A.3。必要情况下应保留标本并登记。

过筛

采用经踏勘性方法试验后确定的粒级对样品进行过筛（干筛或水筛均可），过筛应彻底，发现砾石上粘有细粒级矿物的应进行剥离，筛上物质中发现有重要指示意义的碎屑应进行描述，见附录A的A.3。必要情况下应保留标本并登记。

去泥

采样点位附近有水源的可进行现场去泥，该环节可与过筛同步进行，发现泥团应搓碎洗净泥质，去泥时不应在水流湍急处进行。

* + - * 1. 自然重砂样品加工

淘洗

粗淘

野外具备条件的应现场开展粗淘，不具备条件的将样品集中至选定水源处或室内开展粗淘。重砂样品淘洗宜采用水淘法。粗淘应适度，淘洗至浅灰色即可，保证石榴石、角闪石、辉石及比重在2.8以上的矿物不流失。粗淘后样品重量宜在2 kg左右，重砂矿物较多时可减少粗淘样品重量。野外淘洗不宜在水大流急的地方淘洗。淘洗过程应注意环境保护，具体参考DZ/T 0374重砂测量的环境保护要求。

精淘

重砂样品淘洗程度应适当，不应过度淘洗，淘出的样品呈灰色即可。野外淘得的灰砂中暗色矿物与浅色矿物的比例以1:1为宜。

人工淘洗

人工淘洗方法及其适用对象应符合附录A的A.4的要求。

复淘

应对尾砂反复淘洗，肉眼观察无目标矿物和重矿物时停止淘洗，将各次淘洗所得的重砂合并为最终样品。

干燥

宜采用室内风干，目标矿物中有易挥发、对温度敏感矿物及环境类样品时不应烘干；干燥时，矿物与容器不应粘连；样品须有唯一性标识，不应混淆、错乱、污染；达到轻微摇晃即松散时干燥完成。

* + - * 1. 自然重砂样品称重缩分

在样品封装前应进行称重，对不达标的样品应及时补充采样。当样品量过大或者需要留存副样时，应使用十字法或缩分器材对样品进行缩分，单次缩分允许误差应不超过0.1％。寻找贵金属及共伴生金刚石的样品不缩分。

* + - 1. 人工重砂样品野外初步加工

人工重砂样品破碎分离的一般流程见附录B的B.1。破碎后淘洗加工按6.2.1的要求进行。

* + 1. 初步鉴定和编录
       1. 初步鉴定

在目标矿物（例如金、银等）的异常查证或原生矿追索阶段，应在野外基地对灰砂开展初步鉴定，其余重砂测量是否进行初步鉴定根据工作需要而定。方法以双目显微镜下的人工鉴定为主，主要仪器为电子天平、淘洗盘、双目显微镜。

* + - 1. 编录
         1. 自然重砂编录

自然重砂野外编录要求填写记录卡，填写内容见附录A的A.3，主要包含采样日期、坐标、地貌、地质、矿物等内容，应据实填写。野外每完成一个点位采集，应在工作手图上做好标记，宜附采样点素描图。采用纸质或手持终端的形式进行编录，定期导入计算机。

* + - * 1. 人工重砂编录

人工重砂野外编录宜采用填写记录卡的方式，可直接利用自然重砂记录卡（见附录A的A.3），其中坐标信息、样品信息、地貌特征、采样信息、地质情况、环境信息、照片为必填项，其余根据项目需要和实际情况选填、不填或调整。其余要求同6.3.2.1。

* + - * 1. 野外照片采集要求

自然重砂野外照片采集要求

自然重砂野外照片采集应遵循以下要求：

1. 总体要求：采样过程中应采集近景、中景、远景3张照片，可增加照片数量，照片编号采用样品号+1/2/3/4…，其中1代表近景、2代表中景、3代表远景、4 代表其他，照片格式为JPG；要求现场拍摄、图片清晰、要素齐全，照片内容不应修改。宜采用手机或带定位装置的摄影器材，增加定位信息；
2. 近景照片采集要求：采集点位周围4 m2～10 m2范围内地表信息，拍摄角度应保持垂直或接近垂直（倾角在20°以内），朝向上游/坡拍摄，拍摄内容应包含采样坑/孔/井口、作业工具、原始样品、样品袋子（应显示样品号）等相关信息；
3. 中景照片采集要求：采集点位侧面（与近景方向垂直）信息，选择左右两侧中更能代表点位周围地质/地貌信息的一侧（有河流的优先选择河道和对岸方向），拍摄人站立在远离采样点2 m～5 m处，照片下方应包含采样坑/孔/井口靠近拍摄者近端边缘，照片上方与对岸/面地平线平齐并略带天空；
4. 远景照片采集要求：采集点位上游或远处代表点位附近典型地貌信息，拍摄人站在采样点下游或拍摄对象反向的3 m～10 m处；照片内容下部（占垂向1/3）应包含采样坑/孔/井口及周围信息；中部（垂向大于1/3）包含点位上游/远处地貌，河道内还应包含河道两岸；上部包含少量天空（垂向小于1/3）；
5. 其他照片采集要求：能够准确拍摄目标物。

人工重砂照片采集要求

每组野外照片应包含远景、近景和微距三张。远景照片反映露头及周边的整体地质情况，近景照片反映采样露头的岩性岩相及其构造、脉体或蚀变带延伸情况、矿化蚀变以及标有样品号的岩石样品等基本特征，微距照片反映露头或目标地质体局部的精细结构构造特征。每张照片应有参照比例，可根据照片内容选择人、地质锤、标尺等。

* 1. 鉴定分析
     1. 实验室样品分析

重砂分离、鉴定、定量和分析需送具备相关检测资质的实验室完成。实验室应配备的设备包括电子天平、分析天平、淘洗盘、双目显微镜、电磁选机、摇床、高频脉冲脱磁器、高频介电分选仪、紫外分析仪、电热鼓风干燥箱、瓦丝烤样炉、系列比重液、微化分析箱等。

* + 1. 重砂矿物分离

重砂分离程序参考附录B的B.1、B.2的要求，重砂样品室内加工质量要求应符合DZ/T 0130.9的矿物分离要求。

* + 1. 重砂矿物鉴定
       1. 人工矿物鉴定

适用于灰砂样品中重砂矿物含量少、精度要求高的鉴定需求，人工鉴定以双目显微镜下的矿物鉴定为主，用于观察矿物表面特征、磨圆度、条痕及硬度等矿物的物理特征。镜下鉴定无法确定的，宜采用矿物化学分析法、油浸法、发光分析法、密度测定法、放射性测定等方法予以辅助。个别矿物还可以采用能谱仪、电子探针和拉曼光谱仪等对挑选的单矿物开展精确鉴定。

* + - 1. 自动化鉴定

适用于重砂矿物量较多、缩分后对鉴定效果影响小、要求鉴定速度快的鉴定需求，推荐SEM-EDS自动矿物识别系统作为自动化鉴定矿物的主要方法，也可辅之以图像识别、机器学习来提升矿物鉴定效率和准确度。自动化鉴定之前，需将样品缩分至1 g～2 g，用环氧树脂等材料将样品颗粒均匀镶嵌、磨抛等预处理。

* + 1. 重砂矿物定量

重砂矿物定量应遵循以下要求：

1. 宜采用重量法和颗粒法；
2. 重量法适用于矿物总量和单矿物定量。矿物总量定量精确至0.1 g，单矿物定量精确至0.000 1 g；
3. 颗粒法适用于目标矿物颗粒极少的情况，以颗粒数量表示，颗粒法计量应与矿物颗粒尺寸相结合；
4. 当一批样品精淘后其重砂矿物含量差别较大时，可采用重量法和颗粒统计法进行组合定量，并对矿物颗粒数量与重量之间的换算关系给予说明。
   * 1. 重砂矿物分析

主要包括化学分析、年代测定、原位微区主微量元素分析、原位微区同位素分析。

* + 1. 实验室分析结果

1. 测试指标确定参考附录D的D.1，测试要求按照DZ/T 0130.9中重砂鉴定执行；
2. 实验室分析结果数据应以报告形式提交，内容包含分析方法、仪器选用、样品编号、样品重量、分析重量、矿物特征描述等内容。
   1. 综合研究
      1. 数据处理
         1. 数据处理要求

宜采用通用的标准软件，以重砂测量工作区或评价预测范围分类整理重砂样品的相关数据。

* + - 1. 数据处理内容

数据处理内容包括：野外采样信息、分析鉴定结果数据、分析质量评估数据；背景值和异常下限确定及含量级别的划分。

* + - 1. 数据处理方法
         1. 贵金属矿产的异常下限值的确定和异常分级原则

贵金属矿产的异常下限值的确定和异常分级原则为：

1. 贵金属矿产（如金、银等）出现即是异常，可直接将最低含量作为异常下限；
2. 对每一种参与分级的重矿物进行各级含量频率的统计；进行重矿物含量分级，单位以粒或克表示，如按5粒一级，即5、10、15、20……；频数即落入该区间的样品件数，该频数除以总件数即为频率；
3. 根据出现频率统计，一般分为四级，累频1％～25％为Ⅳ级，累频26％～50％为Ⅲ级，累频51％～75％为Ⅱ级，累频76％～100％为Ⅰ级，可根据地质背景及数据特征上下浮动或等级合并。
   * + - 1. 一般矿产的重砂矿物异常下限值的确定和异常分级原则

一般矿产的重砂矿物异常下限值的确定和异常分级原则为：

1. 对其他金属及非金属矿产，由于矿物出现率较高，宜用统计法计算背景值；
2. 统计法求背景值，一般用该矿物的件数和该矿物的含量组距为直角坐标的纵横二轴，用逐点描绘（或连结）法求出统计曲线，此曲线的转折拐点含量为异常下限，作为Ⅳ级含量；
3. 分级和频率统计原则参照贵金属矿产的原则；
4. 不同的区域背景条件，不宜用一个分级标准代替。
   * + - 1. 其他重砂矿物异常下限值的确定和异常分级原则

基础地质调查、环境地质调查、海洋地质调查及其他类项目，重砂矿物异常下限值的确定和异常分级原则参照8.1.3.1、8.1.3.2的要求进行。

* + 1. 图件编制
       1. 图件编制准则

图件编制应遵循以下原则：

1. 采用通用的标准软件编制图件，以图面清晰、重点内容（重砂工作资料）突出为准则，图件基本要素包括图名、图例、比例尺、责任表（含编图单位、日期及资料来源等）等，编制格式应符合GB/T 13989、GB/T 958的要求，可根据实际需求编写编图说明书；
2. 异常圈定：通过重砂测试数据生成重砂异常，再结合水系、汇水盆地、地质构造背景、已知矿床（矿产地）、污染源等综合信息对异常进行上下追踪和修正，最终确定异常空间范围。
   * + 1. 实际材料图

实际材料图的编制应遵循以下要求：

1. 底图宜为着色较浅的地形图或经校正的遥感影像图，内容包括地形地貌特征、水系、汇水盆地边界、主要居民点、主要地物标志、交通道路、高斯方里网格、经纬度坐标，见附录C的C.1；
2. 以1：50 000比例尺为例，采样点以圆圈表示，直径2 mm，颜色纯绿色，平行样点颜色火星红；
3. 异常查证采集的各类样品点位，槽探、坑探、钻探工程位置均应标注在图上。
   * + 1. 重砂矿物分布图

重砂矿物分布图的编制应遵循以下要求：

1. 底图一般是同比例尺实际材料图的底图，加上重要地质资料（地层、构造、岩浆岩、矿产及蚀变带等）、直接和间接的找矿标志、水系等，见附录C的C.2；
2. 常用的表示方法包括圈式法、符号法、带法和等值线法；
3. 以能够清晰表示各类矿物分布情况为原则，可几种矿物合并成图。
   * + 1. 单矿物异常图

单矿物异常图的编制应遵循以下要求：

1. 底图采用重砂矿物分布图的底图，图面突出重砂异常范围、类别、等级等基本内容，见附录C的C.3；
2. 单矿物异常按相关矿种预测要求提出的相关重砂矿物，确定重砂异常下限，并圈定异常；
3. 若按上述原则不易确定异常的重砂矿物，可采用经验数字确定异常或异常等级；
4. 异常图上应注明异常编号，异常范围应根据重砂矿物的粒度、磨圆度、标型特征，结合地貌景观等圈定。
   * + 1. 组合矿物异常图
          1. 组合矿物异常图编制

组合矿物异常图的编制应遵循以下要求：

1. 应在以往经验基础上结合矿物统计数据，选择相关性较好的重砂矿物圈定组合矿物异常；
2. 在单矿物异常图的基础上，根据研究对象（如工作区及成矿带的主要成矿类型、污染类型，单矿物异常特点等）的主要重砂矿物组合，见附录D的D.1，以及与地质体（矿源、污染源等）的关系等，选择多种矿物编绘成组合异常图，见附录C的C.4；
3. 异常图上应注明异常编号、矿物组合名称、异常范围。
   * + - 1. 组合矿物异常图表达方式

组合矿物异常图有以下方式：

1. 八卦图或条形图：直接采用重砂数据库软件生成八卦图或条形图，展示重砂矿物出现情况及矿物的相关性；
2. 权值叠加：按单矿物将数据正规化，通过统计，按矿物相关性分配不同权重计算权值，将加平均值作为组合值，按单矿物异常圈定方法圈定组合异常。

数据正规化按公式（1）计算：

()

式中：

*D*  ——数据正规化后的值；

*X* ——单矿物标准化后值；

*Xmax*——单矿物标准化后统计最大值；

*Xmin* ——单矿物标准化后统计最小值。

* + - 1. 重砂综合异常图

综合异常图的编制应符合以下要求：

1. 以重砂异常特征为依据，结合地形地貌特征、区域地质背景、区域成矿规律、区域污染现状，最后圈定综合异常；
2. 圈定方法：首先对一个多矿物叠合区域圈定异常轮廓，找出其中的主矿物，异常名称以矿物的主次顺序排列，并以此作为综合异常属性依据，其他各单矿物或矿物族按GB/T 958用不同颜色线图元表达；
3. 底图是同比例尺全要素地质图，图上应注明异常编号、等级，具体要求见附录C的C.5。
   * 1. 异常解释与检查
        1. 异常分级

圈定异常后，根据有用矿物含量分级、重矿物伴生组合特征，结合区域地质特征、已有找矿资料，对各异常区进行对比和分级。宜分为四级，各级划分依据如下：

1. 一级异常区：异常点分布集中，有用矿物含量一般为Ⅰ、Ⅱ级，重矿物伴生组合较为典型，成矿地质条件良好（有可能引起环境异常地质体）、有已知矿床或具远景的矿点分布（有已知污染源）；
2. 二级异常区：异常点分布连续，有用矿物含量达Ⅰ、Ⅱ级，成矿地质条件较好（有可能引起环境异常地质体）、有已知矿床或具远景的矿点分布（有已知污染源）；
3. 三级异常区：异常点分布连续，有用矿物含量普遍为Ⅲ、Ⅳ级，具备可能的成矿地质条件（有可能引起环境异常地质体）；
4. 四级异常区：即非矿致异常，异常规模小，特征不明显，不具成矿地质条件（无引起环境异常地质体）。
   * + 1. 异常描述

重砂异常描述应包括地理位置、矿物种类、含量、异常级别、异常面积、物性描述、异常检查工作程度、伴生或共生矿物关系等内容。

* + - 1. 异常解释

根据重砂矿物特征，结合成矿地质背景、地貌景观及其他综合信息，推断重砂矿物的来源、重砂矿物搬运距离，推断可能的矿种、地质体、污染源，为成矿预测和环境保护提供信息。

* + - 1. 异常检查

重砂异常检查的目的在于检查分析引起“异常”的原因，对“异常”的资源环境意义做出评价，根据需要可采取踏勘检查、详细检查、工程验证。异常检查应符合以下要求：

1. 对异常区加密重砂采样，采样密度视工作目的要求确定；
2. 为查清有用矿物的矿源母体、污染源头，对异常区内的各种岩石和矿化蚀变应采取一定数量的人工重砂样品；
3. 当发现有用矿物的高含量带，且其粒度、形态及伴生矿物等方面都具有接近原生矿床、污染源的特征时，应在采样点附近进行剥土或槽井探工程以对残坡积层采样，进而查证异常的空间分布，圈定原生矿体、污染源的范围；
4. 经过调查研究，判断是由矿体或有关的地质体所引起的异常时，应对有利地段施以必要的钻探或坑探工程进行揭露、验证，查证有用矿物在垂直方向上的变化规律及与原生矿床的关系。
   * 1. 综合研究及报告编写
        1. 综合研究

综合研究内容应包含矿物的共生组合、标型矿物及矿物标型特征、磨圆度、有用矿物含量、有用矿物的空间分布规律等。

* + - 1. 报告编写

报告编写应包含以下内容：

1. 工作目的要求及完成任务情况；
2. 工作区的地质地貌概况：区内地层、构造、岩浆岩，矿化、蚀变、污染地质体特征，水系分布与地貌特征；
3. 工作方法及质量评述：采样点总体部署、采样、样品淘洗、样品分离和鉴定、资料整理等方法及其质量评述；
4. 工作成果：工作区的成果概述及各异常区的分述；
5. 总结规律性的成果：重砂矿物种类、组合、有用矿物的主要特征及标型特征；重砂异常的级别，地质解释及初步评价；异常区分布规律及其在地质矿产调查和环境保护研究中的地质意义；
6. 存在问题与下一步工作建议；
7. 附图、附表、附件。
   * 1. 数据库建设
        1. 建设要求

数据库建设应符合《自然重砂数据库建设工作指南》的要求。

* + - 1. 建设内容

原始资料数据库内容包括：

1. 工作底图数据；
2. 野外数据包括实际采样点位图、记录卡、质量检查记录、送样单等相关数据；
3. 测试数据包括各类测试数据及其数据质量分析数据；
4. 资料文档包括收集到的区域地质、重砂工作成果、环境地质、海洋地质、矿产资源、地球化学、地球物理等资料；矿业权分布情况资料；地形图及遥感影像图；地理地貌、交通人文等资料；污染源等。

成果资料数据库内容包括：

1. 数据处理结果及图件；
2. 成果报告。
   1. 质量控制
      1. 采样质量控制

采样质量控制应遵循以下要求：

1. 采样期间，各采样小组每日应对工作内容自检、互检，检查率100％，并形成检查报告；
2. 项目组负责人组织开展阶段性野外采样、样品加工、原始资料检查，内业资料检查比例10％，外业检查比例不低于5％；
3. 项目承担单位应对自检互检、项目组检查比例和工作质量进行检查，检查内容包括室内资料、现场抽查、野外采样和样品加工，并对项目做出整体评价或内部验收。内业质量检查不低于10％，外业质量抽查比例不低于5％。
   * 1. 淘洗质量控制
        1. 淘洗质量控制要求

应定期检查样品淘洗质量。野外粗淘阶段，重矿物应富集至30％～40％，重砂矿物损失率不超过2％；野外精淘阶段，重矿物应富集至40％～60％，重矿物损失率不超过2％；实验室阶段淘洗应符合DZ/T 0130.9的矿物分离要求。

* + - 1. 淘洗质量控制方法
         1. 投砂法

岗前培训阶段采用。将铁砂或玻璃球投入样品中，回收率按公式（2）计算：

00 (2)

式中：

*R1* ——回收率，单位为%；

*W1* ——淘出铁砂重量或数量，单位为g或粒；

*W2* ——样品中铁砂重量或数量，单位为g或粒。

回收率≥95％为合格。

* + - * 1. 复淘法

野外作业期间采用。检查比例不少于10％，根据检查结果按公式（3）计算淘洗率。

00 (3)

式中：

*R2* ——淘洗率，单位为%；

*Q1* ——样品目标矿物量，单位为g或粒；

*Q2* ——被查尾砂目标矿物量，单位为g或粒。

淘洗率≥95％为合格。

* + 1. 实验室分析质量控制

通过内外部监控样品、平行样等数据，对实验室分析结果进行评估。各实验室应按照DZ/T 0130.9的重砂鉴定质量检查要求，对重砂鉴定和分析工作进行质量检查与控制。

* 1. 资料汇交

资料汇交内容主要包括：

1. 成果报告及相应附图、附表、附件，应同时提交纸质介质和电子介质成果；
2. 数据库；
3. 全部原始资料，包括实际采样点位图、采样记录卡、送样单、重砂鉴定报告、内检报告等；
4. 任务书或合同、项目设计书等相关资料。
6. （规范性）  
   重砂样品野外采集

重砂样品野外采集主要工具指标见表A.1。

* 1. 重砂样品野外采集主要工具指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 设备名称 | 技术指标要求 |
| 定位 | GPS、北斗、RTK等 | 符合GB/T 18341地质勘探工程测量的要求。 |
| 取样 | 铁锹、洋镐、钻机等 | 优选满足采样的安全、高效、无害工具。 |
| 称量 | 筒 | 标有以0.01 L为最小刻度。 |
| 秤 | 精度0.01 kg。 |
| 淘洗 | 淘洗盘 | 根据不同工作目的，开展淘洗试验，确定淘洗设备，要求淘洗盘材料强度高，材质稳定、无害。 |
| 装样 | 原始重砂样品 | 带内膜的编织袋或内壁光滑、无孔塑料箱。 |
| 灰砂样品 | 塑料透明样品瓶或牛皮纸袋。 |
| 筛分 | 钢筛 | 目级根据踏勘试验确定，直径20 cm～50 cm。 |

自然重砂样品野外加工流程表见表A.2。

* 1. 自然重砂样品野外加工流程

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 步骤 | 阶段 | 环节 | | 条件 | 备注 |
| 1 | 预处理阶段 | 称量 | | 野外必须 | 原始重砂体积 |
| 2 | 去砾 | | 野外必须 | - |
| 3 | 过筛 | | 野外建议 | - |
| 4 | 去泥 | | 具备水源则建议 | - |
| 5 | 观察记录 | 较大砾石重要信息记录 | 野外必须 | 对砾石和筛外物质简要记录 |
| 筛剩物质重要信息记录 |
| 6 | 重点  阶段 | 淘洗 | 粗淘 | 条件具备野外可粗淘，否则与下一环合并 | 保留1 kg～2 kg样品 |
| 精淘 | 宜室内进行 | - |
| 7 | 干燥 | 灰砂晾晒 | 室内 | 风干 |
| 8 | 复淘 | | 尾砂重复淘洗 | 质量控制 |
| 9 | 鉴定 | | 贵金属、金刚石异常查证及源头追索阶段必须 | 其他根据工作需要而定 |
| 10 | 收尾  阶段 | 称重缩分 | 灰砂精确称重 | 室内必须 | - |
| 缩分精确称重 | 当灰砂过多时必须，宜室内进行 | 视需求确定缩分重量 |
| 11 | 封装 | | 装瓶/袋、贴标，室内必须 | - |

重砂采样记录卡见表A.3。

* 1. 采样记录卡



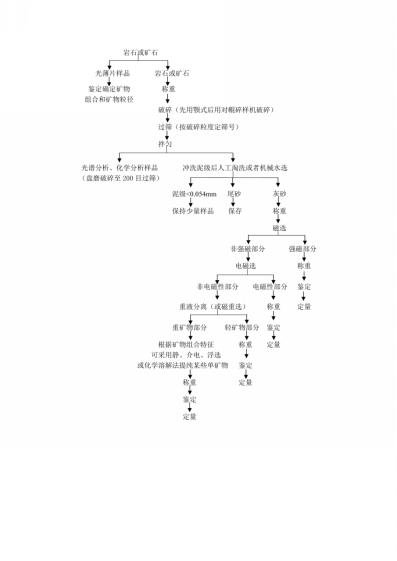
常用淘洗方法建议见表A.4。

* 1. 常用淘洗方法列表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 淘洗方法 | 适用矿物 | 淘洗工具 | 特点 | 技术要求 |
| 旋转法 | 轻矿物较多时 | 铝合金/塑料淘洗盘 | 淘砂量大，效率一般 | 手法要求一般 |
| 旋转后拉法 | 绝大多数矿物 | 铝合金/塑料淘洗盘 | 淘砂量大，效率较高 | 手法要求较高 |
| 倾斜盘旋转法 | 适用于板状和片状矿物，细粒级砂样 | 铝合金/塑料淘洗盘 | 淘砂量大，效率一般 | 手法要求较高 |
| 颠簸法 | 绝大多数矿物 | 大、中、小淘洗盘 | 淘砂量小，效率低 | 手法要求一般 |
| 跳筛法 | 金刚石等 | 深壁淘洗盘或盆 | 淘砂量中，效率一般 | 手法要求高 |
| 倾斜摇动法 | 绝大多数矿物 | 船型淘洗盘 | 淘砂量中，效率一般 | 手法要求简单 |

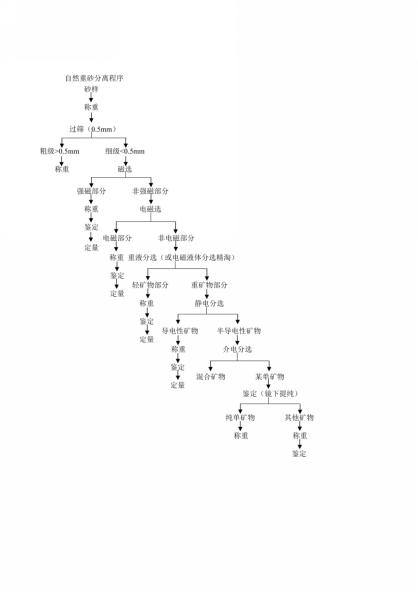
1. （资料性）  
   样品制备

人工重砂样品破碎及分离程序见图B.1。



* 1. 人工重砂样品破碎及分离程序

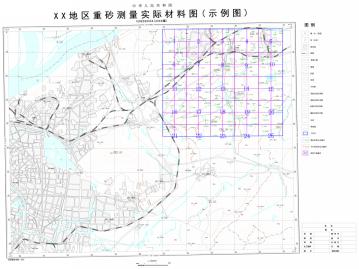
自然重砂分离程序见图B.2。



* 1. 自然重砂分离程序

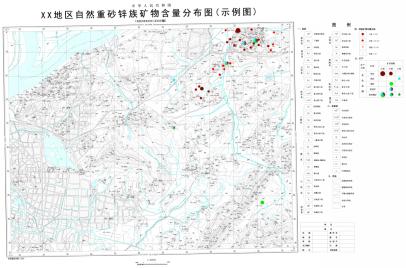
1. （资料性）  
   图件制作

实际材料图见图C.1。



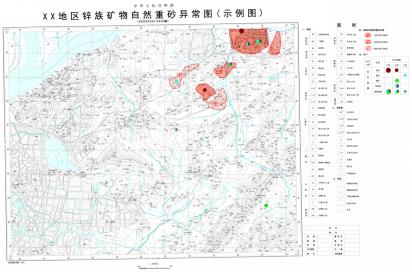
* 1. 实际材料图

重砂矿物分布图见图C.2。



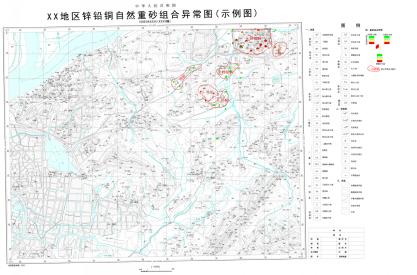
* 1. 重砂矿物分布图

单矿物异常图见图C.3。



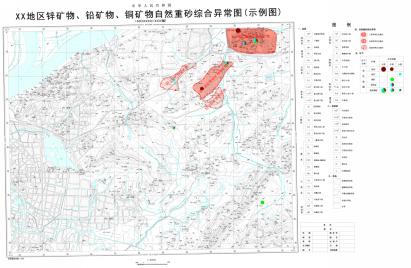
* 1. 单矿物异常图

组合矿物异常图见图C.4。



* 1. 组合矿物异常图

重砂综合异常图见图C.5。



* 1. 重砂综合异常图

1. （资料性）  
   主要重砂矿物组合

华东地区自然重砂矿物组合与矿床成因类型之间的关系见表D.1。

* 1. 华东地区自然重砂矿物组合与矿床成因类型之间的关系表

| 矿床类型 | 矿产 | 主要重砂矿物组合 |
| --- | --- | --- |
| 岩浆型矿床 | 岩浆分异型铜-镍矿床 | 黄铁矿族（磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铁矿）＋黄铜矿族（黄铜矿、斑铜矿）＋铂族矿物＋自然铜 |
| 金刚石矿床 | 金刚石＋镁铝榴石＋钛铁矿 |
| 铬铁矿 | 铬铁矿＋铬尖晶石＋橄榄石 |
| 钒钛磁铁矿 | 磁铁矿族（磁铁矿、铬磁铁矿、钛磁铁矿）＋钛铁矿 |
| 铂族元素矿床 | 铂族元素矿物（自然铱、砷钯矿、硫铂矿等）＋尖晶石族 |
| 磷矿 | 磷灰石＋磁铁矿＋（霞石） |
| 伟晶岩矿床 | 独居石矿 | 独居石＋电气石 |
| 铌钽稀有金属矿 | 铌钽铁矿族＋电气石＋独居石 |
| 伟晶岩矿床 | 电气石＋独居石＋石榴石＋磷灰石 |
| 矽卡岩型 | 铁矿 | 磁铁矿＋石榴石（钙铁榴石） |
| 铜矿 | 铜矿族（黄铜矿、斑铜矿）＋石榴石族＋磁铁矿＋黄铁矿族（黄铁矿、磁黄铁矿） |
| 白钨矿 | 白钨矿＋石榴石族＋磁铁矿＋自然金 |
| 锡石矿 | 锡石＋石榴石族＋白钨矿 |
| 铅锌矿 | 闪锌矿＋方铅矿＋石榴石族 |
| 热液型 | 金矿 | 自然金＋毒砂＋（电气石） |
| 锡石矿（辉钼矿） | 锡石＋黑钨矿＋（辉钼矿） |
| 钨矿 | 黑钨矿白钨矿＋锡石＋（辉钼矿） |
| 钼矿 | 辉钼矿＋黑钨矿＋锡石 |
| 铀矿 | 铀矿族（钍晶质铀矿、钛铀矿）＋钛铁矿＋（毒砂） |
| 辉铋矿 | 辉铋矿＋自然铋 |
| 铅锌矿 | 方铅矿＋闪锌矿＋重晶石＋（铜矿族：黄铜矿、斑铜矿、黝铜矿） |
| 钴矿 | 钴矿族（砷钴矿、辉钴矿）＋镍矿族（砷镍矿、辉镍矿）＋（辉银矿） |
| 银矿 | 自然银＋辉银矿 |
| 毒砂矿 | 毒砂＋（黄铁矿） |
| 雌黄—雄黄矿 | 雌黄＋雄黄＋辰砂＋辉锑矿 |
| 汞矿 | 辰砂＋辉锑矿 |
| 斑岩型 | 金矿 | 自然金＋银金矿＋铜矿族＋（黄铁矿）＋锆石 |
| 铜矿 | 铜矿族＋辉钼矿＋锆石 |
| 钼矿 | 辉钼矿＋黄铜矿＋锆石 |
| 钨矿 | 白钨矿＋辉钼矿＋辉铋矿＋锆石 |
| 1. 重砂矿物组合，是指反映一定成因的一些重砂矿物的组合。 | | |

* 1. 华东地区自然重砂矿物组合与矿床成因类型之间的关系表（续表）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 矿床类型 | 矿产 | 主要重砂矿物组合 |
| 斑岩型 | 锡矿 | 锡石＋毒砂＋（闪锌矿）＋锆石 |
| 铅锌矿 | 方铅矿＋闪锌矿＋辉银矿＋银金矿＋锆石 |
| 玢岩铁矿 | 磁铁矿＋透辉石＋磷灰石 |
| 沉积型 | 金矿 | 自然金 |
| 金刚石 | 金刚石 |
| 铂矿 | 自然铂 |
| 钨矿 | 黑钨矿 |
| 锡矿 | 锡石 |
| 独居石 | 独居石 |
| 钛铁矿 | 钛铁矿 |
| 金红石 | 金红石 |
| 锆石 | 锆石 |
| 磁铁矿 | 磁铁矿 |
| 变质型 | 铁矿（条带状铁建造） | 磁铁矿＋辉石类＋闪石类 |
| 金矿 | 自然金＋石榴石＋锆石 |
| 磷矿 | 磷灰石 |
| 1. 重砂矿物组合，是指反映一定成因的一些重砂矿物的组合。 | | |

参考文献

[1] 中国地质科学院地质所. 重砂矿物鉴定手册[M]. 北京：地质出版社，1977.

[2] 地质部书刊编辑室. 重砂测量、物探、探矿工程室内整理及报告编写-区域地质调查野外工作方法（第五分册）[M]. 北京：地质出版社，1981.

[3] 马婉仙主编. 重砂测量与分析[M]. 北京：地质出版社，1983.

[4] 陈浩琉等. 吉林省矿物研究专辑[M]. 北京：地质出版社，1984.

[5] 陈光远等. 成因矿物学与找矿矿物学[M]. 重庆：重庆出版社，1987.

[6] 地质矿产部情报研究所. 找矿矿物学与矿物学填图[M]. 福州：福建科学技术出版社，1987.

[7] 中国人民武装警察部队黄金指挥部. 砂金矿勘查工作手册[M]. 北京：原子能出版社，1988.

[8] 刘红樱等. 华东地区自然重砂综合研究[M]. 北京：中国地质大学出版社，2017.

[9] 杨用彪等. 江苏省重要矿产资源自然重砂资料应用研究[M]. 北京：中国地质大学出版社，2017.

[10] 中国地质调查局. 自然重砂数据库建设工作指南[Z]. 2002.

[11] GB/T 1.2-2020 标准化工作导则 第2部分：以ISO/IEC标准化文件为基础的标准化文件起草规则[S].

[12] DZ/T 0001-91 区域地质调查总则（1∶50 000）[S].

[13] DZ/T 0011-2015 地球化学普查规范（1∶50 000）[S].

[14] DZ/T 0195-1997 物探化探遥感勘查技术规程规范编写规定[S].

[15] DZ/T 0248-2014 岩石地球化学测量技术规程[S].

[16] DZ/T 0362-2021 浅层取样钻探技术规程[S].

[17] DD 2006-06 数字地质图空间数据库技术要求[S].

[18] DD 2010-03 战略性矿产远景调查技术要求（修订）[S].

[19] DD 2010-06 成果地质资料管理技术要求[S].

