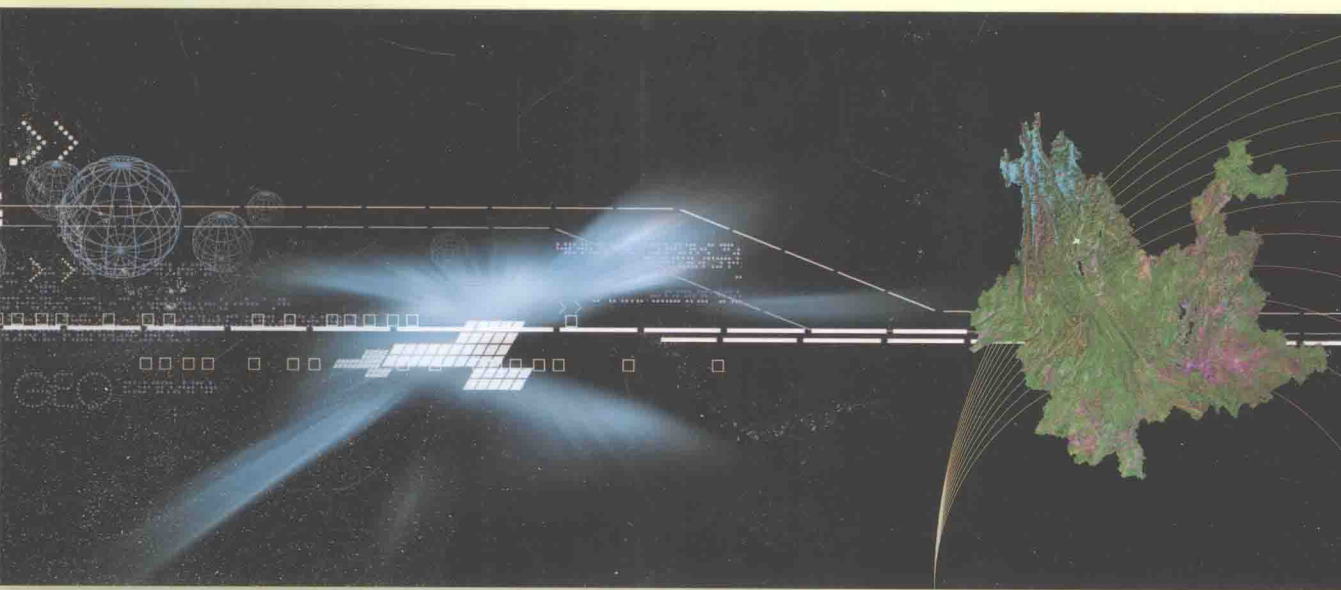


■ 云南省矿产资源潜力评价项目成果系列丛书

云南省自然重砂测量成果应用研究

马腾 谢蕴宏 李定平 刘登创 等 编著



地 质 出 版 社

云南省矿产资源潜力评价项目成果系列丛书

云南省自然重砂测量成果应用研究

马 腾	谢蕴宏	李定平	刘登创	编 著
王 蔚	施玉北	李 静	许 东	
薛顺荣	尹光侯	曹德斌	王臣兴	
李建伟	李志群			

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是云南省矿产资源潜力评价项目之“云南省自然重砂测量成果应用研究”专题成果的提炼和总结,主要包括:云南省自然重砂数据基础、数据处理方法及地质地貌概况,云南省自然重砂矿物组合特征、空间分布规律、自然重砂异常及其与重要矿床类型的对应关系,云南省锡钨矿、金矿、铜矿、铅锌矿等矿种的自然重砂资料综合应用研究实例,云南省自然重砂测量找矿应用的初步总结。

本书可供从事自然重砂测量找矿应用等相关工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

云南省自然重砂测量成果应用研究 / 马腾等编著.

—北京:地质出版社,2016.12

ISBN 978-7-116-10117-3

I. ①云… II. ①马… III. ①重矿物—矿山测量—研究—云南 IV. ①P578

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 299606 号

Yunnan Sheng Ziran Zhongsha Celiang Chengguo Yingyong Yanjiu

责任编辑:刘亚军 田泽瑾 吴金键

责任校对:王洪强

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010) 66554528 (邮购部); (010) 66554622 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010) 66554622

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:787mm × 1092mm ¹/₁₆

印 张:14.25

字 数:350 千字

版 次:2016 年 12 月北京第 1 版

印 次:2016 年 12 月北京第 1 次印刷

审图号:云 S(2016)003 号

定 价:120.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-10117-3

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

谨以此系列丛书献给耕耘在云南省地质勘查、科学研究及教学岗位上的广大地质工作者！

感谢云南省矿产资源潜力评价项目各级矿政管理者、参与单位及广大地质科技工作者和支持本项目工作的人们！

云南省矿产资源潜力评价项目成果系列丛书是集体劳动的结晶！

云南省矿产资源潜力评价项目成果系列丛书编写委员会

主任：李文昌 李连举

委员：卢映祥 施玉北 崔银亮 崔子良 罗 俊 李云灿 闵 毅 张明晶
王 陶 李 静 许 东 薛顺荣 李志群 王臣兴 杨志鲜 林玉成
李建伟 李开毕 杨 功 陈元坤 王 蔚 马 腾 李定平 杨 艳

云南省矿产资源潜力评价项目组织机构

组织单位：云南省国土资源厅

承担单位：云南省地质调查局

参加单位：云南省地质矿产勘查开发局 云南省有色地质局 云南省煤田地质局
武警黄金部队第十支队 中化地质矿山总局云南地质勘查院

负 责 人：李文昌

副负责人：施玉北 崔银亮 林玉成

办公室主任：施玉北

办公室成员：薛顺荣 曹德斌 王 珏 王志鹏 骆宗香 谢蕴宏

云南省矿产资源潜力评价项目专家委员会

主任：张翼飞

成员：任治机 赵 准 王宝禄 谢蕴宏 龙宝丰 胡居贵 杨勤生

出 版 说 明

云南省矿产资源潜力评价项目是国土资源部统一部署的全国矿产资源潜力评价项目中的一个子项目，是矿产资源领域基本国情调查的组成部分，总体目标是摸清云南省矿产资源家底、实现地质理论和技术创新、培养一批综合型地质矿产人才，于2007年4月启动。云南省国土资源厅为保障该项目全面开展和顺利实施，成立了云南省矿产资源潜力评价项目领导小组及办公室，组建了项目组及项目办公室、专家顾问组，并确定由云南省地质调查局牵头组织，云南省地质矿产勘查开发局、云南省有色地质局、云南省煤田地质局、武警黄金部队第十支队、中化地质矿山总局云南地质勘查院参与，全省地勘行业共157名专业技术人员参加，对云南省煤炭、铁、铜、铝、铅、锌、锰、镍、钨、锡、钾、金、铬、钼、锑、稀土、银、磷、硫、萤石、重晶石等21个矿种进行了矿产资源潜力评价。在前人工作成果的基础上，本项目对云南省数十年来积累的地质成果资料进行了系统性的整理分析，形成了云南省迄今最全面翔实的基础地质资料，取得了诸多新成果，基本摸清了云南省重要矿产资源家底；首次以地质建造分析、成矿规律和典型矿床研究为基础，以地质、物探、化探、遥感、自然重砂等各类地学成矿信息为预测要素，建立了典型矿床预测模型、区域预测模型，应用固体矿产资源评价系统（MRAS），按矿产预测类型的最小预测区对云南省重要矿产全面开展了资源潜力评价，其预测技术方法具有创新性，奠定了云南省矿产预测工作基础；锻炼培养了一大批矿产预测综合型、复合型地质、物探、化探、遥感、自然重砂、信息等专业技术人才。

《云南省自然重砂测量成果应用研究》一书，是在云南省矿产资源潜力评价项目所属专题“云南省自然重砂测量成果应用研究”成果的基础上，在云南省矿产资源潜力评价项目办公室统一组织下，由云南省地质科学研究所承担，相关人员参与编著完成，是集体劳动的结晶。

为使社会各界、广大地质科技工作者了解云南省地质矿产资源情况，该项目领导小组决定出版云南省矿产资源潜力评价项目成果系列丛书。这一系列成果的出版，对云南省地质勘查工作部署及今后开展矿产预测具有重要指导作用，对开展云南省矿产调查评价、矿产勘查、地质科学研究等也具有重要意义。

云南省矿产资源潜力评价项目办公室

2015年4月21日

前 言

自然重砂矿物源于岩石矿物、矿石矿物、脉石矿物等，包括原生重矿物及次生重矿物。云南省自然重砂测量共采集自然重砂样品近 25 万件，遍布云南全省，空间分布较均匀，信息来源面广、测量结果质量优良，蕴涵丰富的地学信息，与区域地质调查、区域化探等测量结果一起形成丰富的云南省地学资料库。在以往的地质找矿工作中，自然重砂资料发挥了很大的作用，尤其在滇西地区锡矿发现史上占有重要地位，如腾冲县小龙河锡矿、梁河县来利山锡矿、云龙县铁厂锡矿、昌宁县薊坝地锡矿、西盟县西盟锡矿、永德县亚练锡矿等，都是由重砂测量发现找矿线索。开展自然重砂测量成果应用研究，对自然重砂资料的进一步挖掘和利用，可为基础地质研究和矿产资源评价提供更为丰富的信息。

本专题研究，以云南省 1:20 万区域地质调查自然重砂测量数据为基础，利用全国自然重砂测量数据库中的云南省 82 个标准图幅自然重砂数据，通过“自然重砂数据处理系统软件”进行处理，形成自然重砂矿物点位图、分级图、八卦图等，并编制了云南省自然重砂综合系列图件。对锡、钨、金、铜、铅锌、铁、钼、铬、镍、银、锰、稀土、重晶石、硫铁矿等矿种开展的典型矿床、预测工作区及Ⅲ、Ⅳ级成矿区带自然重砂异常特征的分层次序列研究，为矿产资源潜力预测评价提供了重要信息。在区域自然重砂矿物组合、重砂矿物含量（“含量”为量的旧名称（习惯用法），现行国家标准依据不同情形，使用“质量分数”、“体积分数”等名称；为照顾习惯，本书涉及自然重砂测量数据时，沿用“含量”名称。）异常特点分析的基础上，结合重砂矿物来源推断，提出了云南省自然重砂异常进行区带划分意见、圈定了自然重砂异常集中区，初步总结了自然重砂矿物组合特征及其空间分布规律。通过自然重砂异常与重要矿床对应关系研究，为成矿规律研究和区域矿产预测提供相关信息。

本书是云南省矿产资源潜力评价自然重砂测量资料应用研究成果的提炼和总结。第一章介绍了云南省自然重砂数据基础、数据处理方法及地质地貌概况，第二章阐述了云南省自然重砂矿物组合特征、空间分布规律、自然重砂异常及其与重要矿床类型的对应关系，第三章是锡钨矿、金矿、铜矿、铅锌矿等矿种自然重砂资料综合应用实例，第四章对自然重砂测量的找矿应用进行了初步总结。

本书编写过程中，得到了全国自然重砂专题汇总组专家和云南省矿产资源潜力评价项目相关专家的关心和帮助，张翼飞、施玉北、曹德斌、尹光侯、杨勤生等教授级高级工程师审阅了部分章节或全书，任治机、赵准、王宝禄、龙宝丰、胡居贵等教授级高级工程师对项目的开展提出了许多宝贵的指导意见，在此一并表示衷心的感谢。

目 录

第一章 云南省自然重砂资料概述	(1)
第一节 云南省自然重砂数据基础及工作方法	(1)
一、自然重砂基础资料	(1)
二、自然重砂测量工作程度	(1)
三、自然重砂数据库建设	(3)
四、自然重砂数据处理	(4)
第二节 云南省地质地貌概况	(6)
一、区域地貌	(6)
二、区域水系	(7)
三、大地构造分区及区域地质概况	(10)
四、区域矿产及成矿区带划分	(23)
第二章 云南省自然重砂异常特征与异常评价	(28)
第一节 自然重砂矿物分布规律及组合特征	(28)
一、自然重砂矿物分布规律	(28)
二、自然重砂矿物组合特征	(40)
第二节 重砂异常圈定及重要异常分布	(43)
一、重砂异常圈定	(43)
二、重要异常分布	(44)
第三节 重要矿床类型重砂矿物组合特点	(47)
一、锡(钨)矿	(47)
二、金矿	(50)
三、铜(钼、镍)矿	(52)
四、铅(锌)矿	(55)
五、其他矿种	(57)
第四节 自然重砂异常分布特点	(57)
一、自然重砂异常带划分	(57)
二、成矿带自然重砂异常特征	(71)
第三章 云南省自然重砂综合研究及应用	(105)
第一节 锡钨矿	(105)
一、石缸河式锡钨矿	(106)
二、铁厂式锡矿	(108)

三、薅坝地式锡矿	(111)
四、阿莫式锡矿	(115)
五、小龙河式锡矿	(118)
六、都龙式锡锌多金属矿	(124)
第二节 金矿	(129)
一、西定式金矿	(130)
二、扎村式金矿	(133)
三、老王寨式金矿	(135)
四、北衙式金矿	(138)
五、马厂箐式金矿	(144)
六、长安式金矿	(148)
第三节 铜矿	(151)
一、普朗式、红山式铜矿	(152)
二、厂街式铜钴矿	(155)
三、羊拉式铜矿	(158)
四、大平掌式铜多金属矿	(160)
五、大红山式铜铁矿	(162)
六、鲁春式铜铅锌多金属矿	(165)
七、东川式(落雪式)铜矿、滥泥坪式铜矿	(168)
八、宝坪厂式铜矿	(173)
第四节 铅锌矿	(176)
一、白秧坪式铅锌矿	(178)
二、大硐厂式铅锌多金属矿	(180)
三、核桃坪式铅锌矿	(183)
四、老厂式铅锌银矿	(186)
五、金顶式铅锌矿	(188)
六、其他预测工作区	(190)
第四章 云南省自然重砂测量找矿模型	(198)
第一节 自然重砂异常在主要矿床中的分布	(198)
第二节 自然重砂矿物成矿及分布特点	(199)
第三节 自然重砂矿物的重要成矿类型特征	(211)
参考文献	(216)

第一章 云南省自然重砂资料概述

第一节 云南省自然重砂数据基础及工作方法

一、自然重砂基础资料

云南省区域自然重砂测量工作与1:20万区域地质调查工作同步开展。云南省区域内有1:20万国际标准图幅(含不完全图幅)82幅,其中63幅由云南省完成,共采集样品207976件,其余图幅分别由四川、贵州、广西等省(自治区)于1966—1991年间完成,采集样品44311件(图1-1)。

自然重砂样均为河流水系沉积物,按500~800m点距,在二、三级水系中沿河流采取。采样点位置主要标注在1:5万地形图上,少量标注在1:10万、1:15万地形图上。自然重砂数据建库时将不同比例尺点位图合并统一为1:20万标准分幅点位图。通过采样点位图可以看出各图幅采样点密度、数据分布状况等。重砂样品鉴定由测图单位实验室负责,并按10%的比例抽取样品做内部检查。原始资料质量良好。

1:20万标准图幅重砂测量结果均进行了分幅整理,并通过对重砂矿物的综合研究,制作含量统计曲线,再根据重砂含量曲线变化、重砂矿物富集程度,结合邻区图幅矿物含量分级标准,将矿物划分成4个级别,完成分级编图、圈出重砂异常,编写自然重砂应用小结、编绘异常分布图等。

全省1:20万区域地质调查工作全面完成后,于1987年完成了区域重砂测量资料系统总结,编制了1:100万钨锡、金、铌钽、稀土、铬铁矿、铜族矿物、雌雄黄及锑矿等矿种的单矿物重砂异常图、云南省综合重砂异常图及《云南省综合重砂异常图说明书》,成为云南省区域矿产总结的组成部分。

二、自然重砂测量工作程度

根据云南省自然水系分布特点,自然重砂测量采样点分布在不同水系流域中有所不同。

金沙江流域,水系较为发育,在山地切割较深区,重砂采样点较少,以哈巴雪山—玉龙雪山段最稀。

怒江水系流域,流域北部河谷切割较深,人迹罕至,山谷相对高差大于2000m,重砂采样一般至二级河流,流域内重砂采样点较稀。

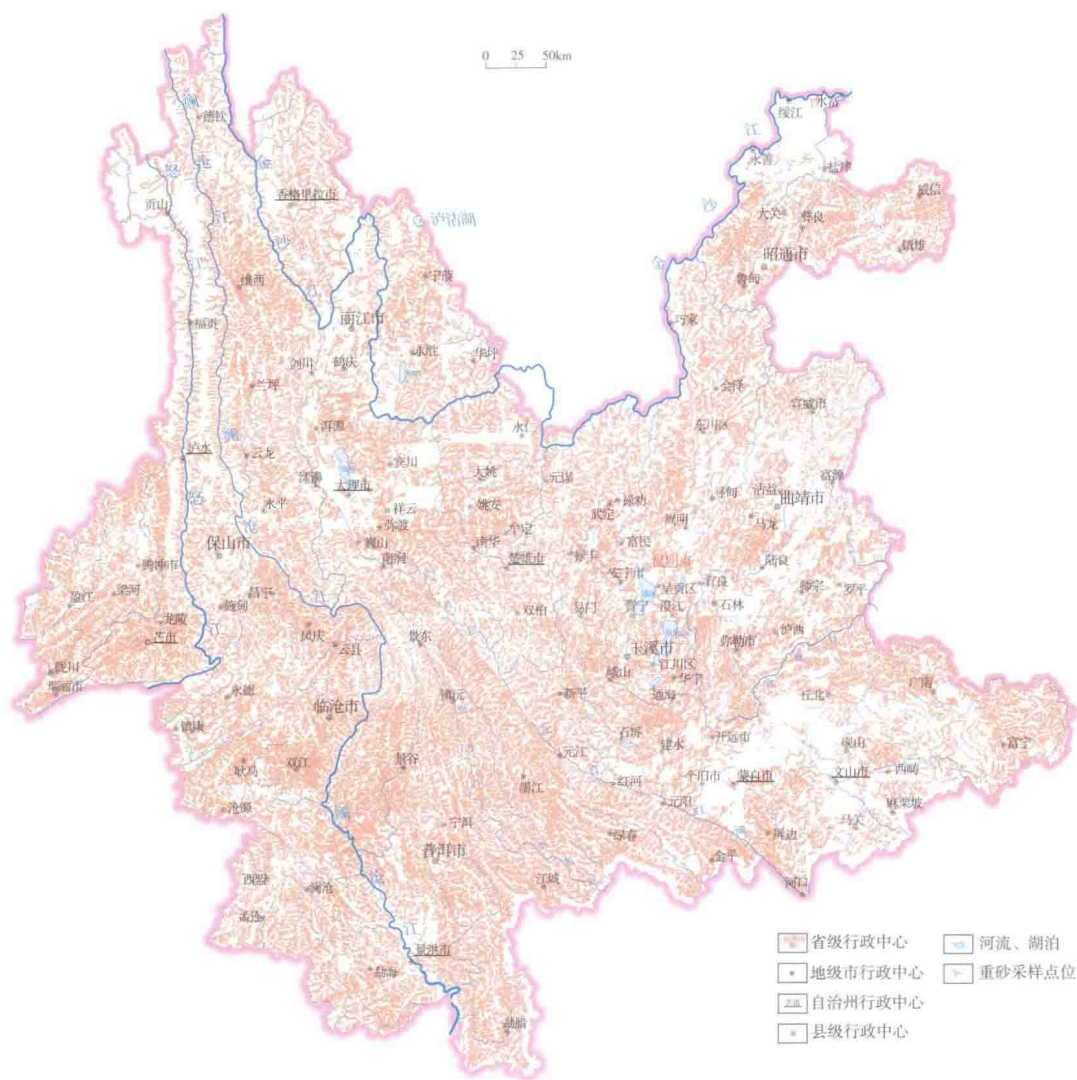


图 1-1 云南省自然重砂测量采样点位图

伊洛瓦底江流域，重砂采样在二、三级以上水系中进行，区内主要分布火成岩、变质岩等，重砂矿物富集，原始样重一般为 20kg，特别富集区减到 10kg。

澜沧江水系流域，水系中、上游切割较深，重砂采样一般至二级河流，流域内重砂采样点较稀。中、下游稍缓，重砂采样较为均匀，一般至二、三级河流，采样点密度适中。

红河（元江）水系流域重砂采样至二、三级河流，在四级河流交叉点有采样控制，点距为 0.5 ~ 1.0km，采样点均匀分布。

南盘江流域属于珠江水系，重砂采样在一至三级水系中进行，点距为 0.5 ~ 1.0km，采样点分布均匀。

云南省自然重砂测量工作程度见图 1-2。



图 1-2 云南省自然重砂工作程度图

三、自然重砂数据库建设

云南省自然重砂数据库建设工作在已有区域地质调查资料的基础上进行，完成数据入库 63 个图幅，计有 204797 个自然重砂样品点；另有邻省完成 19 个图幅，计 44311 个采样点，入库数据共计 249108 个样品点。数据库建设成果于 2005 年 10 月通过中国地质调查局发展研究中心验收，并入全国自然重砂数据库。

1:20 万自然重砂空间数据库为 access 数据格式，包括图幅基本信息数据、样品基本信息数据、重砂鉴定结果数据和重砂鉴定结果不定量值的表示方法和量化值的数据文件等内容。

数据库参照《区域地质图图例（1:50000）》（GB 958-89）、中国地质调查局《自然

重砂数据库建设工作指南》、中国地质调查局《地质图空间数据库建设工作指南》等标准，按照《1:20 万自然重砂数据库总体设计》及有关补充规定建成，质量良好。

四、自然重砂数据处理

1. 有关技术指南与文献

1) 《自然重砂资料应用技术要求》(1.0 版)，由中国地质调查局发布。

2) 《自然重砂数据库系统使用手册 ZSAPS 2.0 版》，中国地质调查局发展研究中心，2008 年 3 月发布。

2. 数据处理基本要求

(1) 图形参数规范

线参数、面参数参照《区域地质图图例(1:50000)》(GB958-99)，I 级异常用 1402002；II 级异常用 1402003；III 级异常用 1402004；异常线宽 0.4mm；X、Y 参数以美观为准。

数据投影及坐标系统：数据处理范围坐标及编图区范围坐标使用北京 54 坐标系，高斯-克吕格投影平面直角坐标系。全省性图件采用兰伯特等角圆锥投影平面直角坐标。

(2) 图件内容及规范

异常图的主要内容包括地质矿产底图、地理底图、重砂异常、图名、比例尺等。

分级图内容包括地质矿产底图、地理底图、重砂含量分级点位、图名、比例尺等。

(3) 底图

省级异常图底图采用云南省地质矿产图，水系、矿产地符号等用彩色表示。

预测工作区异常图使用预测工作区建造构造图为底图，水系、矿产地符号保留原图彩色。

其他图件（如点位图、分级图等）底图采用云南省地理底图，水系保留原图颜色。

3. 工作方法简述

云南省自然重砂资料应用研究以自然重砂数据库为基础，利用自然重砂数据处理系统软件，通过合理、可靠的方法进行。主要技术工作方法包括：①矿物检索：根据工作范围，从自然重砂数据库中检索区域内自然重砂矿物；②矿物数据处理：对检索结果进行统计分析，根据区域成矿地质背景，选取有用矿物，对所选矿物含量进行标准化处理，形成矿物采样点位图；③矿物含量分级：对选取的重砂矿物进行含量分级，根据需要形成单矿物含量分级图、矿物组合含量分级图或八卦图等；④异常圈定：根据单矿物含量分级图或八卦图，结合水系、汇水盆地及成矿地质条件，圈定单矿物异常或组合矿物异常；⑤编制自然重砂异常图：以区域地质矿产图为底图，编制区域自然重砂异常分布图，根据重砂异常与成矿地质环境、矿产等空间分布关系，确定自然重砂异常等级；⑥异常解释：推断自然重砂矿物来源，根据自然重砂矿物与目标矿种的关系，对圈定的自然重砂异常从位置、面积、地质成矿条件、重砂矿物来源等方面进行解释，并对其找矿意义和作用进行评价，为成矿预测提供重砂资料信息。

数据处理以矿产资源潜力评价预测工作区为基本单元进行，在完成相关矿物检索，重砂组合矿物点位图、分级图、八卦图等重砂矿物基础图件基础上，确定重砂异常值，将重

砂矿物异常分级图与汇水盆地地图叠加，通过点对区的空间分析，得到汇水盆地重砂矿物异常分布图。再结合地质、矿产等综合信息，编制重砂单矿物异常图或组合矿物异常图。

工作流程（图 1-3）工作方法及原则如下：

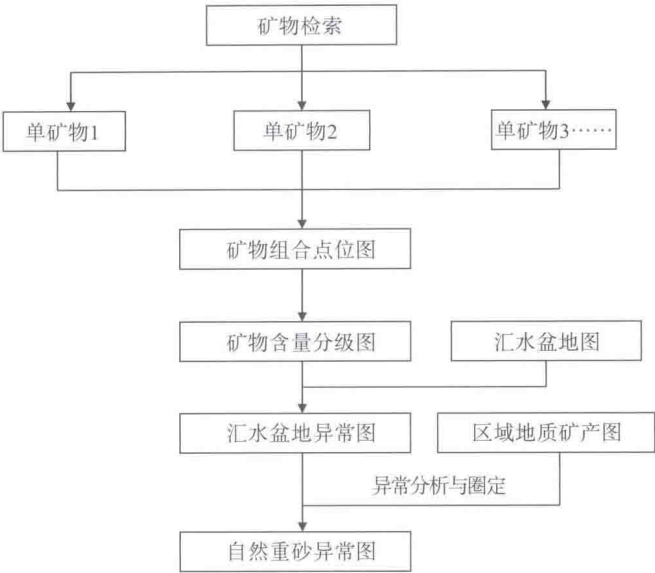


图 1-3 自然重砂数据处理流程图

（1）自然重砂矿物的选择原则

通过对全省自然重砂资料的清理及对有用矿物及其组合特征的研究，在重要矿床类型与重砂矿物关系分析的基础上，确定与预测目标矿种相关的自然重砂矿物及其组合。

（2）自然重砂矿物检索原则

对目标矿物的检索，采用关键字模糊检索法。同一种矿物出现不同名称，视为同一种矿物。

（3）重砂含量的标准化处理

为便于重砂异常处理，对重砂矿物含量值采用系统软件默认的方式进行了标准化，默认的标准单位为 10^{-5}g 。针对自然重砂数据库中矿物质量单位的克、百分比、颗（粒）数 3 种情况分别按以下方式进行标准化处理：

- 1) 克（g）：质量 $\times 10^5$ 。
- 2) 百分比：缩分后质量 $\times 100\%$ 。
- 3) 颗（粒）数：每颗按 10^{-5}g 计算。

（4）分级原则

自然重砂单矿物含量分级自动统计计算，一般根据其标准化值分为 6 级，分级图中用符号大小表示其相应级别，1 级值符号大小为 1mm，2 级值为 2mm……以此类推。

（5）汇水盆地异常的确定原则及成图方式

汇水盆地异常是通过点对面的空间分析形成。一般将重砂矿物含量达 3 级以上的重砂点视为重砂异常点。通过重砂异常点与汇水盆地地面的空间关系分析产生异常区，至少有一个重砂异常点落入其中。

(6) 异常圈定原则

利用单矿物分级图，结合汇水盆地，进行异常圈定。在圈定异常时综合考虑以下原则：

- 1) 重砂有用矿物含量明显高于背景值含量，且处于同一汇水盆地的地区；
- 2) 有用矿物含量比较集中，且处于同一汇水盆地的地区；
- 3) 有直接或间接找矿标志存在。

(7) 异常分级原则

I 级异常：异常区有用矿物含量高，位于具有远景矿床的成矿区内，并与控矿地质体形成空间重叠关系。异常区内成矿地质条件与已知矿床成矿地质条件一致，异常包含已有矿床（点）或有矿化显示。

II 级异常：异常区有用矿物含量高，位于具成矿条件的成矿区带内，与控矿地质体形成空间相交关系。异常区成矿地质条件与已知矿床（点）成矿地质条件相近，异常包含已有矿床（点）或具矿化显示。

III 级异常：异常区有用矿物含量已达异常值，与相关矿产成矿区带、成矿地质体部分吻合，异常区内无已知矿床（点）和矿化点。

(8) 组合异常或综合异常的圈定

以单矿物异常图为基础，按预测矿种需要，根据经验或通过统计选择相关性较好的 3 种以上重砂矿物异常进行叠加，选择组合矿物的高值区，通过生成的汇水盆地异常，结合地质背景、成矿规律及典型矿床特征，圈定组合异常或综合异常。

(9) 异常解释评价

1) 根据重砂矿物特征，结合成矿地质背景、地貌景观和其他综合信息，推断重砂矿物的来源、重砂矿物搬运距离。

2) 根据重砂异常评价成果，结合成矿地质背景、地貌景观和其他综合信息，对异常找矿指示意义进行评价，推断可能的矿种或可能的地质体，为成矿预测提供信息。

第二节 云南省地质地貌概况

一、区域地貌

云南省地处青藏高原东部、云贵高原西部，总体地势自西北向东南逐级降低，以中山地形为主。山脉与河流相间，形成相互挟持交错的地形特点。主要河流之间形成了主要山脉，相互错落间形成大小不一的条带状盆地，盆地成为主要居民点及水田耕地。滇西北的主要河流怒江、澜沧江、金沙江南北向与主要山脉高黎贡山、白茫雪山、横断山等构成“三江”并流地貌景观。沿河流形成的怒江大峡谷、澜沧江大峡谷、金沙江大峡谷是人类居住和活动的主要地段，沿山脊构成著名风景区。“三江”南部以植物多样性生态景观支撑了云南植物王国的美称，北部以巍峨壮丽的雪山景观支撑了云南“人间天堂”（香格里拉）的梦想，在河谷和高山中间蕴藏着云南“有色金属王国”的众多财富，通过河流自

然重砂信息，人类希望探索到打开财富之门的“钥匙”。

云南山地高原面积约占全省总面积的 94%。省内最高点位于西北部的梅里雪山卡格博峰，海拔 6740m；最低处位于东南部的河口县内元江与南溪河交汇处，海拔 76.4m。两地高差达 6663.6m，形成高纬度与高海拔，低纬度与低海拔相一致的特点。山地高原间分布有众多的山间盆地（云南俗称“坝子”）。

云南省内河流深切，山脉高耸，地形起伏巨大，地貌类型多样，可分为山地、高原和盆地。山地海拔超过 5000m 为极高山区，海拔 3500 ~ 5000m 为高山区，海拔 1000 ~ 3500m 为中山区，海拔 500 ~ 1000m 为低山区，海拔小于 500m 的为丘陵区 and 海拔变化范围较大的各类盆地。极高山主要分布在滇西北德钦、香格里拉、丽江一带，高山主要分布在滇西北和滇东北地区，中山主要分布滇中及滇东地区，低山和丘陵主要分布在滇东、滇南、滇西南地区。高原主要分布在滇中、滇东及滇东南地区，山原主要分布在滇西及滇东北地区，盆地则主要分布在活动断裂带附近。按成因类型可分为构造地貌、侵蚀地貌、剥蚀地貌、溶蚀地貌、堆积地貌及上述诸类间的过渡类型，其中尤以构造地貌类型为主，省内山地、盆地、水系的分布几乎都严格受地质构造控制。

云南省地貌按切割程度可分为滇西横断山地、滇中红色高原、滇东喀斯特高原 3 个地貌单元（图 1-4）。滇西横断山地位于元江河谷和云岭山脉以西地区，属青藏高原横断山纵谷区的一部分，下关—永平一线的北部是青藏高原的南延部分，平均海拔 3500m 左右。地壳上升幅度较大，峡谷深切、山势恢宏，山地相对高差达 3000 ~ 4000m，分布着省内最高的山脉。高黎贡山、怒山（碧罗雪山）、云岭等巨大山系和怒江、澜沧江、金沙江等大江相间排列，构成深切割高山（极高山）—中山—湖盆地貌景观。下关—永平以南山势逐渐降低，大部分山地海拔为 1500 ~ 2000m，大盈江、高黎贡山、怒江、大雪山、澜沧江、无量山、李仙江、哀牢山、元江等山水相间呈帚状撒开排列，发育了众多宽谷盆地，形成中山—低山—河谷—盆地地貌景观。

滇中红色高原分布于元江河谷和云岭山脉以东，东川—昆明一个旧—一线以西地区。区内高原面保存比较完整，大部分地区山势低缓，河谷开阔，盆地众多，平均海拔 2000m 左右，相对高差 500 ~ 1000m，以中山—高原—湖盆地貌景观为主。边缘地带因受金沙江、南盘江及元江等河流深切，高原面遭到破坏，部分山地海拔大于 4000m，相对高差达 2000m，形成深切割中山—高山—山原地貌景观。

滇东岩溶高原盆地分布于东川—昆明一个旧—河口以东，属于云贵高原的一部分。富民—嵩明—沾益以北为滇东北高原峡谷区，地势较高，北侧由于金沙江切割，山势陡峭，冲刷严重。高原的东部，大部分为石灰岩地区，分布有山丘、盆地和湖泊，形成滇东岩溶湖盆区。高原的东南部，有大面积石灰岩地层分布，发育峰丛、峰林、孤峰平原、溶蚀洼地、漏斗、落水洞、溶洞、伏流、地下暗流等溶蚀地貌，是典型的岩溶石山地区。

二、区域水系

云南省地势西北高、东南低，河流由北向南、北西向东南流淌。在山脉峡谷之间形成金沙江、南盘江、红河、澜沧江、怒江和伊洛瓦底江六大水系流域（图 1-5），由于地貌景观、降雨、温湿气候差异，具有不同的水量特征。

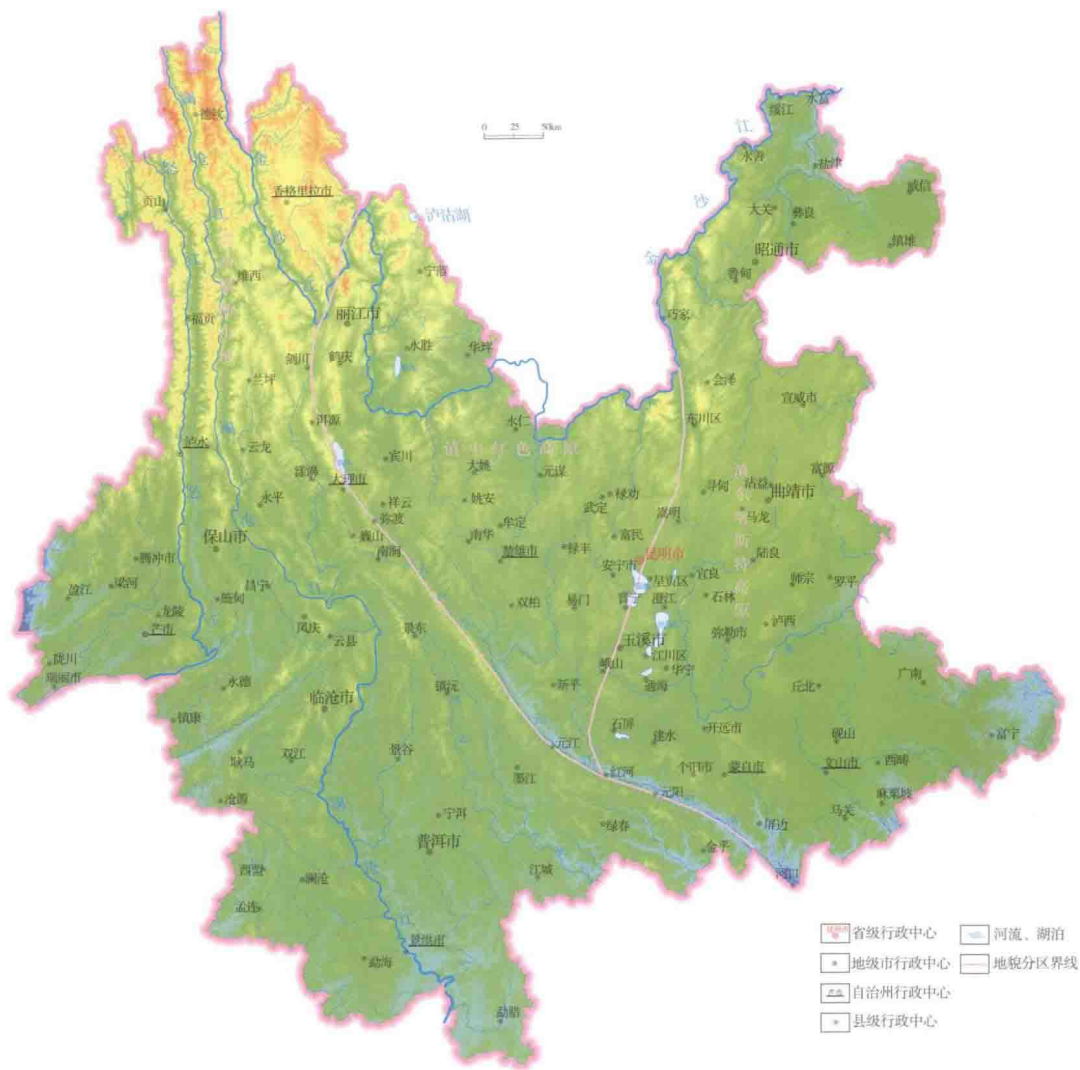


图 1-4 云南省地貌分区图

金沙江流域，为四川省与云南省昆明、曲靖、昭通地区界河，其主要支流有鱼泡江、龙川江、普渡河、小江、牛栏江、横江等，省内二级河流流向主要为由南向北，滇中地区的滇池、滇西北地区的程海和泸沽湖均属于金沙江流域的高原湖泊。虽然金沙江水系有丰富的水资源量，而其流域内的云南部分却多为少雨区。如滇西北迪庆少雨区，年降水量 600 ~ 700mm；金沙江河谷、宾川、元谋、永善少雨区，年降水量 550 ~ 750mm，1960 年元谋年降水量仅 287mm，1982 年宾川年降水量仅 304mm。

怒江流域位于滇西地区，包括云南省怒江州、保山市、德宏州。北部二级支流发育，南部支流增多，发育 2 ~ 4 级河流，主要支流有勐波罗河、南汀河等。北部贡山、福贡、泸水多雨区，年均水量 1700mm，丰水年可达 2000mm 以上；南部雨量充沛，龙陵、盈江、陇川、沧源、西盟多雨区年均降水量在 2000 ~ 3000mm 之间，盈江县的昔马多年平均降水量超过 4000mm。流域内湖泊稀少，仅有小湖泊及库塘分布。