

# 雷达遥感在澜沧江中下游地区 锰矿调查评价中的应用

王 郁, 杨景元

(天津地质研究院, 天津 300061)

**摘 要:** 澜沧江中下游地区地处热带-亚热带, 植被及第四系覆盖严重, 应用雷达遥感技术可以初步揭露植被覆盖, 利用 SAR 图像识别主要岩石类型和构造形式, 并圈定了主要含锰岩系, 进而确定了成锰有利地段。

**关键词:** 雷达遥感; SAR 图像解译; 含锰岩系; 澜沧江中下游地区; 云南

**中图分类号:** P236; P618.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2002)04-0271-06

锰是我国短缺的金属矿产, 已被列入国土资源大调查重点调查评价的矿种之一, 20 世纪 90 年代以来, 雷达遥感技术得到了迅速发展, 雷达遥感地质作为一个崭新的科学领域, 同样也取得了很大进展<sup>[1, 2]</sup>。我们采用加拿大雷达数据, 通过雷达图像解译, 以获取更多的优质锰矿成矿信息。

斜。断裂构造在本区十分发育, 尤其是在孟连—澜沧地区, NE 向和 NW 向断裂构筑了区内主体构造格架。

海西—印支期形成的规模巨大的临沧花岗岩基为区内岩浆岩的代表。此外还发育一些火山岩及中酸性岩株、岩枝或岩脉。镁铁岩—超镁铁岩在区内亦有零星分布。

## 1 区域地质概况

工作区地处云南省西南部。云南西部是由滇缅微陆、滇泰微陆和印支微陆于晚古生代至中生代不同时期碰撞、拼合形成的青藏滇组合板块, 由 3 条深大断裂和碰撞岩浆—火山—变质带及其相间的两个弧后盆地所组成的丘壑相间的沟—弧—盆构造域。澜沧江中下游地区位于欧亚板块与印度板块交接部位, 属特提斯造山带的一部分。由于欧亚古陆和冈瓦纳古陆的肢解漂移、碰撞拼接, 导致该区地质构造极为复杂<sup>[3]</sup>。雷达遥感解译区大体分属崇山—澜沧变质地体、孟连古特提斯增生带和西盟变质地体等 3 个构造单元。

区内出露地层为元古界、古生界、中生界和新生界。元古界主要有澜沧群、大勐龙群、西盟群等。古生界大面积出露于孟连、澜沧地区。与锰矿有关的地层主要是元古界澜沧群以及古生界二叠系。

区内变质地体的构造主要表现为一系列复式背

## 2 引用的雷达数据简介

解译所用为加拿大空间机构 1995 年 11 月 4 日发射的 Radarsat 1 号 SAR 数据。该星带有先进的合成孔径雷达传感器, 工作频段为 C 波段(波长 5.6 cm), HH 极化方式(水平发射, 水平接收), 波束入射角 10°~60°可调。获取模式也根据其分辨率、幅宽的不同有 7 种之多。

工作区涉及孟连及勐海两景雷达图像。图像范围的确定主要考虑工作任务的需要, 另一方面也必须符合雷达卫星的航道位置。孟连幅选取的波束模式为标准模式 S7, 入射角为 30°~37°, 分辨率 25 m × 27 m, 时相 1998 年 4 月 8 日 23 时 09 分。勐海幅则为标准模式 S3, 入射角 45°~49°, 分辨率 19 m × 27 m, 时相 1998 年 7 月 30 日 23 时 13 分。

两景 SAR 图像的顶点坐标分别是:

表1 SAR 图像顶点坐标数据

Table 1 Top point coordinate data of SAR images

图像顶点	北 西 角	北 东 角	南 西 角	南 东 角
孟连幅	23 04 N/98 55 E	22 55 N/99 53 E	22 11 N/98 44 E	22 01 N/99 43 E
勐海幅	22 14 N/100 09 E	22 03 N/101 07 E	21 22 N/99 59 E	21 11 N/100 56 E

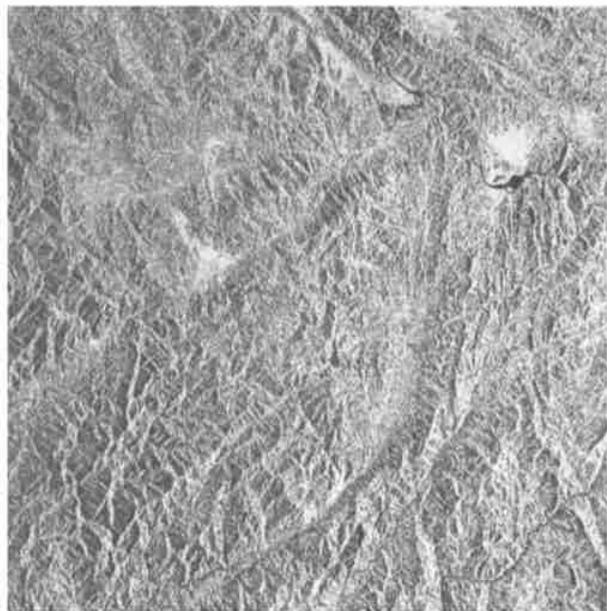


图1 勐海—景洪地区雷达遥感影像图

Fig. 1 Radar image of Menghai-Jinghong area



图2 孟连—澜沧地区雷达遥感影像图

Fig. 2 Radar image of Menglian-Lancang area

从表中可以看出,加拿大的卫星轨道与经纬线并不平行,而是有十几度的交角,卫星航道为NNE向。上述两景的波束模式均为标准模式,幅宽100 km。比例尺为1:20万。(图1,图2)。

雷达图像是各种地物对微波信号响应的综合体现,它是电磁波与地物相互作用的结果,因而形成了雷达图像不同于光学图像(可见、近红外和热红外图像)的信息特征。雷达图像体现了不同地物对微波信号的不同响应特征。雷达图像与其他遥感图像的差别主要是:雷达工作于微波波段,波长从数毫米至数米,比光学波段的波长长得多。另外,雷达是主动式传感器,它发射和接收单一频率及各种极化组合的信息。雷达成像的形式为侧视成像。由于雷达遥感技术的不断发展和其本身具有的先进性,在地质领域被广泛应用于地质调查、找矿、地质灾害监测、水文、海洋的监测与预报等。雷达遥感是一种主动微波遥感技术,这是与其他遥感技术的本质区别。

雷达遥感与可见光、红外遥感相比,具有独特的优势,它可以全天候、全天时进行发射和接收。此外,雷达遥感对植被、冰雪层、干燥的土壤等都具有相当

强的穿透能力,这种能力是可见光、红外遥感不可比拟的。据资料记载,波长比较长的微波对潮湿土壤的穿透深度小于1 m,对非常干燥的土壤可以达到几米,而对树叶、灌木、农作物的穿透能力比对土壤的穿透能力强。澜沧江中下游地区地处低纬度地带,为热带—亚热带气候,植被非常发育,风化层较厚,应用雷达遥感可以充分发挥其优势。

### 3 地质构造轮廓解译

SAR被认为是进行地质构造分析的最有效的传感器。它的侧视成像方式形成了立体感较强的图像,它对地表几何形态的敏感及细微的刻画能力,能更直观的分析地质构造,揭示构造现象;它的主动发射电磁波能量的工作方式,使特定展布方向的构造得到增强并在地表得以发现。雷达图像是检测线性体的有力工具。这一点已被人们所公认,许多学者利用雷达图像解译了线性体并分析了区域构造。一般根据图像灰调结构变化及地貌形迹的分布,解译出

的断裂远远多于地质图中断裂的数量。

### 3.1 勐海—景洪地区的构造轮廓

该区为一巨大圆形构造的东半部所占据, 圆形构造周边为断裂圈闭。其地质意义为一海西期花岗岩基。该岩基东北部翘起, 向南西倾伏, 导致东北部地层剥蚀殆尽。花岗岩大面积出露, 西南部尚有元古界发育。圆形构造内部及边缘区出现在断陷中沉积的中生代地层。断裂体系较为简单, 其中有: ①圆形构造东半部的弧形构造体系; ②NE 向断裂体系; ③近 SN 向张性断裂体系; ④NW 向扭性断裂体系。

根据影像特征分析, 近 EW 向断裂组为压性构造, 近 SN 向属张性, NW 向为扭性, 它们为同一应力场(近 SN 向压应力)的产物, 形成时代晚于弧形构造体系。弧形构造亦受此期构造的影响: 弧形构造的近 SN 向部分出现张性特征, 北端 NW 向部分亦被此期构造牵就利用。

### 3.2 孟连地区的构造轮廓

该区总体构造轮廓为一向东凸出的弧形构造, 该弧形构造夹持在 NE, NW 两个大断裂带之间。断裂主要为两组, 一组为 NE 向, 一组为 NW 向, 属共轭扭性断裂。NE 向断裂带西起勐阿, 经孟连、澜沧, 继续向北延展, 直至工作区之外, 并与 NE 向断裂带相交。

两条主干断裂之间, 元古界、泥盆系、石炭系、二叠系及侏罗系地层均呈向东突出的弧形展布。其间的断裂体系亦呈向东的弧形, 西盟之东的弧形断裂及打勒—孟连的弧形断裂较为明显, 这些弧形断裂具有压(扭)性特征。弧形带上, 特别是弧顶部位, 还发育一组与弧形带垂直的具张性特征的断裂。弧形带内还发育大量平行于 NE, NW 向主干断裂的次级断裂。

从影像特征分析, NE, NW 向主干断裂及其平行的次级断裂具扭性特征, 属共轭剪切断裂。结合弧形构造的压性性质考虑, 它们为近 EW 向应力机制的产物。弧形带内的断裂, 部分可能由压性结构面发育而成, 部分则可能由早期的近 SN 向断裂改造而成。

## 4 主要岩石类型及解译标志

雷达图像识别地物主要依据图像上的灰度、纹理和地貌形态的差异。不同地物对雷达波的后向散射强度不同, 因而在图像上可呈现为不同的色调。一

般来说, 雷达图像的色调取决于雷达回波的强度, 引起雷达回波强度变化的主要地面参数为地形特征、地表粗糙度和岩石的复介电常数, 而岩石类型又对地面参数起着控制作用, 并且控制了破裂的发育、水系的分布及植被的发育, 从而影响了雷达图像的纹理结构。根据图像的灰度、纹理等特征, 可以准确地解译不同的岩性。孟连地区的含锰地层主要为二叠系, 勐海地区的含锰地层为元古界澜沧群<sup>[4]</sup>。

### 4.1 二叠系

在勐海地区解译涉及的二叠系为龙潭组, 岩性为粘土岩夹粉砂岩。在 SAR 图像上纹型较为粗大。在垂直于走向的斜坡上, 出现平行状冲沟, 细微纹型不发育, 与其他地层容易区分。在孟连地区, 含锰岩系为拉巴组, 主要岩性为砂岩、页岩及硅质岩。二叠系景冒组及回行组则以白云岩、灰岩为主。拉巴组地形为缓坡状, 细微纹型; 景冒组及回行组则呈陡立的山脊, 回波强度也远较前者弱, 呈灰黑色。

### 4.2 元古界

澜沧群分为 3 个组, 从下至上依次为南木令组、惠民组和西定组。

(1) 南木令组。主要岩性为绢云片岩、二云片岩, 少量片麻岩及变粒岩。回波强度介于片岩与混合岩、片麻岩之间, 沟谷粗大、平行, 为不对称平行水系。

(2) 惠民组。为解译区内的主要含锰岩组, 分上、中、下三段。

下段为二云母片岩、二云母石英片岩; 中段为绢云石英片岩、绢云石英微晶石英片岩、石英岩、硅质岩。上段为绢云片岩、绿泥片岩。

在雷达图像上, 该组的 3 个段基本可分。下段: 回波强度相对较弱(与中段相比), 纹型细密、杂乱, 片理构造较为明显。中段: 回波强度相对较强, 水系粗大, 冲沟两侧细纹直达山脊, 以至山脊被冲蚀为瓦楞状。上段: 纹型特征与中段相似, 但远比中段细密。

(3) 西定组。岩性为变石英砂岩及绢云片岩。其主要特征为回波强度极弱, 灰黑色调, 部分地区夹杂黑色斑块。

## 5 含锰岩系的解译标志及分布

### 5.1 含锰岩系的解译标志

#### 5.1.1 勐海—景洪地区

根据从已知到未知的原则, 运用雷达图像对边境外侧缅甸一方的锰榴岩型锰矿进行了解译分析,

总结了如下含锰岩系的解译标志。

(1) 缅甸锰矿含锰岩系分布区,在雷达图像上显现较强的回波强度。根据实验数据,锰离子的存在,可提高微波的回波强度。含锰岩系分布区,锰的含量较为丰富,加之含锰岩系在风化过程中对四周及地表的“污染”,从而导致了高回波强度区的出现。

(2) 在 SAR 图像上,缅甸锰矿含锰岩系具有特征的纹型标志。在山坡底部的山脚部位,粗大的 S 型冲沟广泛发育,它们互相扭曲连接组成辫状纹型。山坡部分平整光滑,几乎无纹型发育。山顶部分相对较陡。

5.1.2 孟连—澜沧地区

该区含锰组段为二叠系拉巴组。从前述解译标志的描述中可知,拉巴组和景冒组及回行组易于区分,与石炭系的判别亦无困难。拉巴组与泥盆系具有大体相似的岩性,二者区分较为困难。但经仔细分析对比,它们在色调及纹型特征上还是有些差异的:

(1) 与泥盆系相比,拉巴组具有较低的回波强度。(2) 泥盆系和拉巴组都具块状山体,水系稀疏,影像平滑,但泥盆系为对称山脊,水系也比拉巴组更少。

5.2 含锰岩系的分布

根据以上特征,圈定了如下含锰岩系分布区:

5.2.1 景洪—勐海地区(图3)

(1) 南木令—曼老寨地区。位于勐海县的西部和西南部,含锰岩系呈 NE 向展布,东北部自勐遮乡的曼杏、勐岗乡的南木令开始,经巴夜、安乐,过帕良、曼陆,止于曼老寨附近。区内出露地层主要为中元古界澜沧群惠民组中段,另有少量西定组分布。

上世纪 90 年代初期,原冶金地勘部门曾在该区进行过锰矿普查工作,发现了巴夜小型锰矿床。在矿床类型上,巴夜锰矿可与缅甸境内的景康锰矿进行对比,二者属于同一个成矿省和成矿系列,并且含矿地层层位相当。不同的是,缅甸景康锰矿的原生矿胚层为锰榴岩型,而巴夜锰矿的原生矿胚层则为锰榴石英片岩型,实际上属于锰榴石英岩建造。该建造指的是一种区域变质的、含锰的和非钙质的泥质-砂屑沉积物。主要矿物为锰铝榴石及石英。也会出现锰硅酸盐矿物如蔷薇辉石、锰辉石、锰闪石等。

(2) 章家—曼班地区。本区位于勐海县的西南部,包括的范围较大,北起布朗山旧路附近的布八,南到中缅边境附近的章家,西从中缅边境上的界河

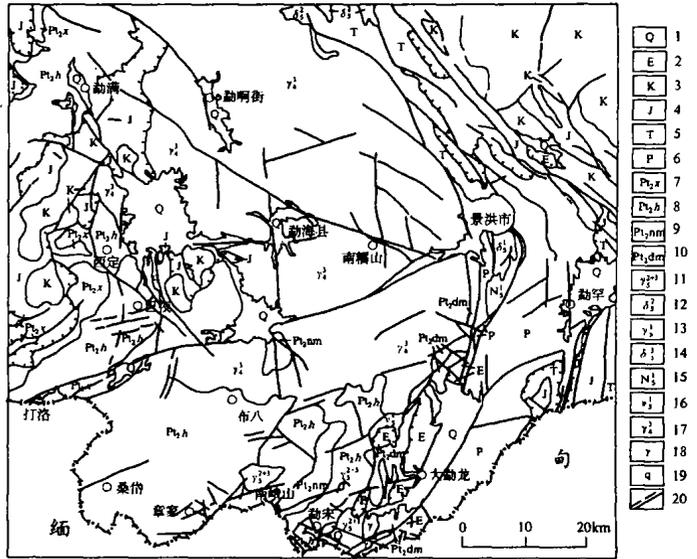


图3 勐宋—巴夜地区雷达图像解译图

Fig. 3 Interpretation map of radar image of Mengsong-Baye area

- 1. 第四系 2. 第三系 3. 白垩系 4. 侏罗系 5. 三叠系 6. 二叠系 7. 澜沧群西定组 8. 澜沧群惠民组 9. 澜沧群南木令组 10. 大勐龙群 11. 燕山群花岗岩 12. 燕山期闪长岩 13. 印支期花岗岩 14. 印支期闪长岩 15. 印支期基性岩 16. 印支期辉长岩、苏长岩 17. 海西期花岗岩 18. 花岗岩 19. 细晶石英脉 20. 断层及推测断层

开始,东至布朗山。

(3) 勐宋地区。勐宋地区地处景洪县的南部,与缅甸的景康—曼销锰矿带毗邻。缅甸的景康—曼销锰矿带紧靠我国边境,呈 NE-NEE 方向展布。西起缅甸景康县城以北约 1 km,向北东经曼销莆满、马排哈撒山、后山、过 238 号界碑进入我国境内。断续延长约 13 km。缅甸景康—曼销锰矿的含矿岩系为锰榴岩建造。锰榴岩一般是指一种变质的含锰的钙质、硅质和泥质沉积物。主要矿物由菱锰矿和锰方解石组成,其他的硅酸盐矿物有锰铝榴石、蔷薇辉石、锰镁铁闪石、锰橄榄石、水锰辉石、锰三斜辉石等,缺乏褐锰矿、方铁锰矿等。

本区雷达影像所反映的特征与缅甸锰矿区近似,从地理位置上有较大优势,因此很有找矿潜力。

5.2.2 孟连—澜沧地区(图4)

对孟连地区的含锰地层,从雷达遥感角度我们曾做过一些工作<sup>[5]</sup>。孟连—澜沧成锰带长约 50 km,含锰层位延伸稳定,目前已发现锰矿点 7 处。其中河边坡寨锰矿点规模较大,原生矿石矿物有菱锰矿、褐锰矿、黑锰矿、蜡硅锰矿等,地表为次生氧化锰矿石。主要的成锰有利地段有:

- ① 孟连县南雅地区; ② 澜沧县营盘—河边寨地区; ③ 澜沧县老厂地区。

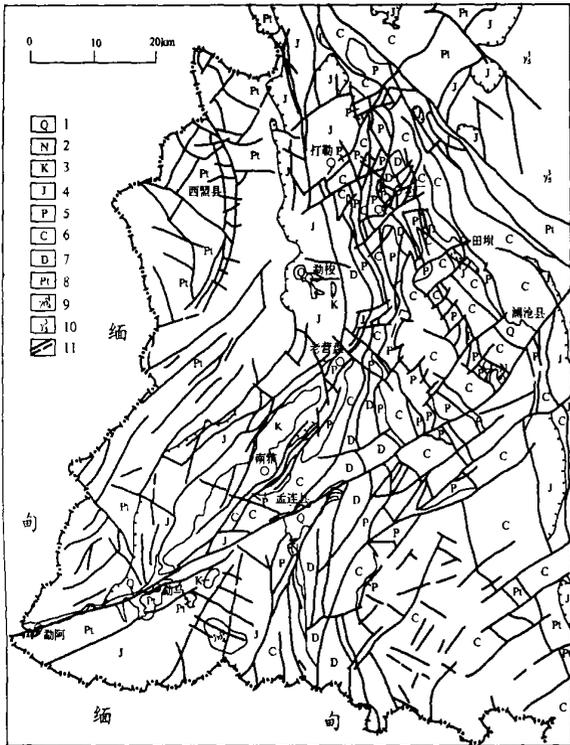


图 4 孟连-澜沧地区雷达图像解译图

Fig. 4 Interpretation map of radar image of Menglian-Lancang area

- 1. 第四系 2. 第三系 3. 白垩系 4. 侏罗系 5. 二叠系 6. 石炭系
- 7. 泥盆系 8. 元古界 9. 海西期黑云母花岗岩闪长岩 10. 燕山期花岗岩
- 11. 断层及推测断层

## 6 成锰有利地段的影像特征及其分布

### 6.1 成锰有利地段的影像特征

成锰有利地段实际上是含锰岩系中的特殊地段,它有时包容了已知的锰矿床或锰矿点,但在另外一些情况下,成锰有利地段范围内目前还没有发现锰矿点的存在。在雷达影像图上,成锰有利地段的影像特征为:

(1) 锰榴岩型“矿胚”须经风化淋滤作用后才能形成优质锰矿。而风化淋滤作用充分与否的一个重要条件是地貌特征。从 SAR 图像解译可知,缅甸锰矿带就发育在一个沿走向向西缓倾的斜坡上缓倾斜,有利于风化淋滤作用的进行,也有利于风化淋滤产物的保存。

(2) 前已谈及,锰离子的存在提高微波回波强度,但当风化淋滤锰矿层存在于地表或近地表时,微

波回波强度反而降低,这是由于锰矿质地疏松,易于吸收微波能量及其色调为黑色造成的。缅甸锰矿地表出露区就显现暗色色调。

(3) 缅甸锰矿发育于一条大断裂的旁侧,含矿岩系内构造裂隙十分发育,这非常有利于风化淋滤作用的进行。构造裂隙的发育是成矿的重要的条件。

(4) 近矿围岩主要为锰榴岩、锰榴石英岩、硅质岩及石英片岩,该类岩石抗风化力相对较弱,它们往往分布于缓坡上的近山顶部位。

### 6.2 成锰有利地段分布

- (1) 勐宋地区; (2) 章家-曼班地区; (3) 桑岱-布巴地区; (4) 巴夜-打洛地区; (5) 西定地区。

## 7 结论

(1) 应用雷达遥感来解决地质找矿问题,只是近些年的事情,它是一门新兴的边缘学科。雷达遥感技术具有全天候、全天时发射和接收,以及对云雾、植被、浮土具有一定穿透力的特点,因此,对地质普查及找矿具有极大的应用潜力。

(2) 通过雷达图像解译实践证实,在澜沧江中下游地区,尽管植被非常发育,而且浮土掩盖较厚,从雷达图像上仍然可以区分不同的岩石或岩系,不同的岩石类型以及含锰层位在 SAR 图上表现为不同的影像特征。在对解译区的构造样式以及对风化锰帽型锰矿的形成起重要作用的断裂构造解译中,雷达遥感具有明显的优点。

(3) 雷达遥感技术地学应用的重要内容之一是直接或间接找矿。通过对雷达图像解译、野外查证、图像的再解译及地质资料的综合整理和分析,优选出了成锰有利地段。相对缩小了进一步开展勘查工作的目标,从宏观上降低了找矿的难度,为找矿提供了直接线索。

### 参考文献:

- [1] 郭华东,田国良,陈增圭,等. 机载雷达遥感应用试验研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1992.
- [2] 郭华东,舒士畏,王超,等. 雷达图像分析及地质应用[M]. 北京:科学出版社,1991.
- [3] 任治机,朱智华,赵重顺,等. 云南地体构造与成矿作用[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.
- [4] 冶金部西南地质勘查局,冶金部天津地质研究院. 扬子地台周

边及其邻区优质锰矿成矿规律及资源评价[R]. 天津: 天津地质  
研究院, 1995.

[5] 杨景元, 王宇明, 商木元, 等. 雷达卫星数据在矿产勘查中的应  
用(智力引进项目工作报告)[R]. 天津: 天津地质研究院, 2000.

## APPLICATION OF SAR IMAGE TO Mn ORE SERVEY AND EVALUATION IN THE MIDDLE AND LOWER STREAM AREA OF LANCANGJIANG RIVER

WANG Yu, YANG Jing-yuan

(1. *Tianjin Geological Academy, Tianjin 300061, China;*)

**Abstract:** The middle and lower stream of Lancangjiang river is of tropic-sub-tropic area covered with heavy vegetation and Quaternary sediments. SAR images were applied to recognize rock types, structures and Mn-bearing units and Mn ore targets were located in the area.

**Key words:** Radar remote sensing; SAR image interpretation; Mn-bearing series; the middle and lower stream of Lancangjiang river; Yunnan province

2003年订阅

# 地质与勘探

ISSN 0495-5331  
CN 11-2043/P

双月刊 全年定价 90 元 邮发代号 82-504

《地质与勘探》1957年创刊, 中国期刊方阵“双百”期刊, 中文核心期刊。1992年荣获全国优秀科技期刊评比二等奖, 是地质勘查类综合性技术期刊, 现由中国冶金地质勘查工程总局、有色金属矿产地质调查中心和中国地质学会联合主办。

《地质与勘探》以刊载矿产地质、商业地质经济、成矿规律与成矿预测、矿产资源评价、找矿勘探方法、地球物理和地球化学勘查、岩石矿物研究、钻探技术、工程勘察与岩土工程施工等专业科研成果为主要内容, 面向地质矿产勘查和岩土工程专业的生产、科研和教学人员。

编辑部地址: 北京市安贞里二区 11 楼一层 《地质与勘探》编辑部

邮编: 100029 电话: (010) 64433594 64435074

E-mail: geo-pro@263.net dzykt@sina.com