

隐伏矿床及其找矿方法

姚金炎

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院)

文中着重分析了隐伏矿床生成的深部地质环境,通过湘南—粤北和滇东南—桂东有色金属成矿带的研究,论述了其深部地质构造、深部矿源层、区域地球化学环境和隐伏花岗岩体的预测方法。介绍了通过研究成矿规律、建立成矿模式,应用综合物、化探方法,壤中吸附相态汞、汞气测量,地下物探和大深度探测的地面物探等方法勘查隐伏矿床的效果。

关键词: 隐伏矿床; 矿床分类; 深部地质环境; 勘查方法

新中国成立以来,我国地质学家在研究有色金属隐伏矿床方面,积累了丰富的资料,取得了可喜的成果。华南地区黑钨矿石英脉型和锡石—硫化物型隐伏矿床的找矿预测,已达到相当高的水平。长江中下游地区,根据区域地球物理、地球化学、成矿系列和成矿模式研究成果,找到了一批工业意义较大的铁、铜、金矿床。与此同时,在一些生产矿山还开展了盲矿体、半隐伏矿床的综合研究,为老矿山增加了新的储量。

隐伏矿床的类型

1. 第四纪覆盖区的隐伏矿床

系指埋藏于时代较新的疏松沉积物(现代冲、坡积物,现代湖相沉积物,草原砂丘,海滨砂丘,现代冰碛物等)之下的矿床。

2. 基岩覆盖区的隐伏矿床

系指产于地面基岩没有矿化或含矿标志很少的岩石之下的矿床。岩石是成岩固结的各种岩类。

3. 半隐伏矿床

矿床地表的岩石中,常出现一些主要矿化外层的次要矿化和不明显、不确切的标志,以及远程元素化探异常,或是老矿区深部或附近发现新矿床、新矿体。此类矿床的

主要工业矿体是盲矿体。

深部地质赋矿条件

1. 深部地质构造

湘南—粤北大型有色金属矿区的重、磁场包括以下两种类型:

一是与花岗闪长岩类有关的钨、铜、铅锌矿床(水口山、宝山、黄沙坪、大宝山)引起的重、磁异常。其特点是:①矿床均位于反映深断裂的重力梯度带上、推断的东西向深断裂旁侧,有的矿区还有北东向的深断裂从附近通过。②矿区附近都有一个低缓的正值区域磁异常存在,表明其深部有一个偏基性的岩浆库。其规模由 20km^2 至上百 km^2 不等。③矿区附近显示航磁局部异常,其性质则因矿床中磁铁矿的有无而异:含磁铁矿的水口山、黄沙坪矿区,主要表现为区域低缓磁异常上叠加有高值的正局部磁异常;不含磁铁矿、只含磁黄铁矿的大宝山和宝山矿区,其局部磁异常特征是岩体上方为负磁异常,围绕负磁异常出现环状局部正磁异常。而且无论正负,其异常值都较低(图1)。

另一类是与花岗岩类有关的钨、锡、铍、铅锌矿床(香花岭、瑶岗仙、东坡、瑶岭—石人峰—梅子窝矿区)引起的重、磁异常,其特征是:①出现重力负异常,反映了

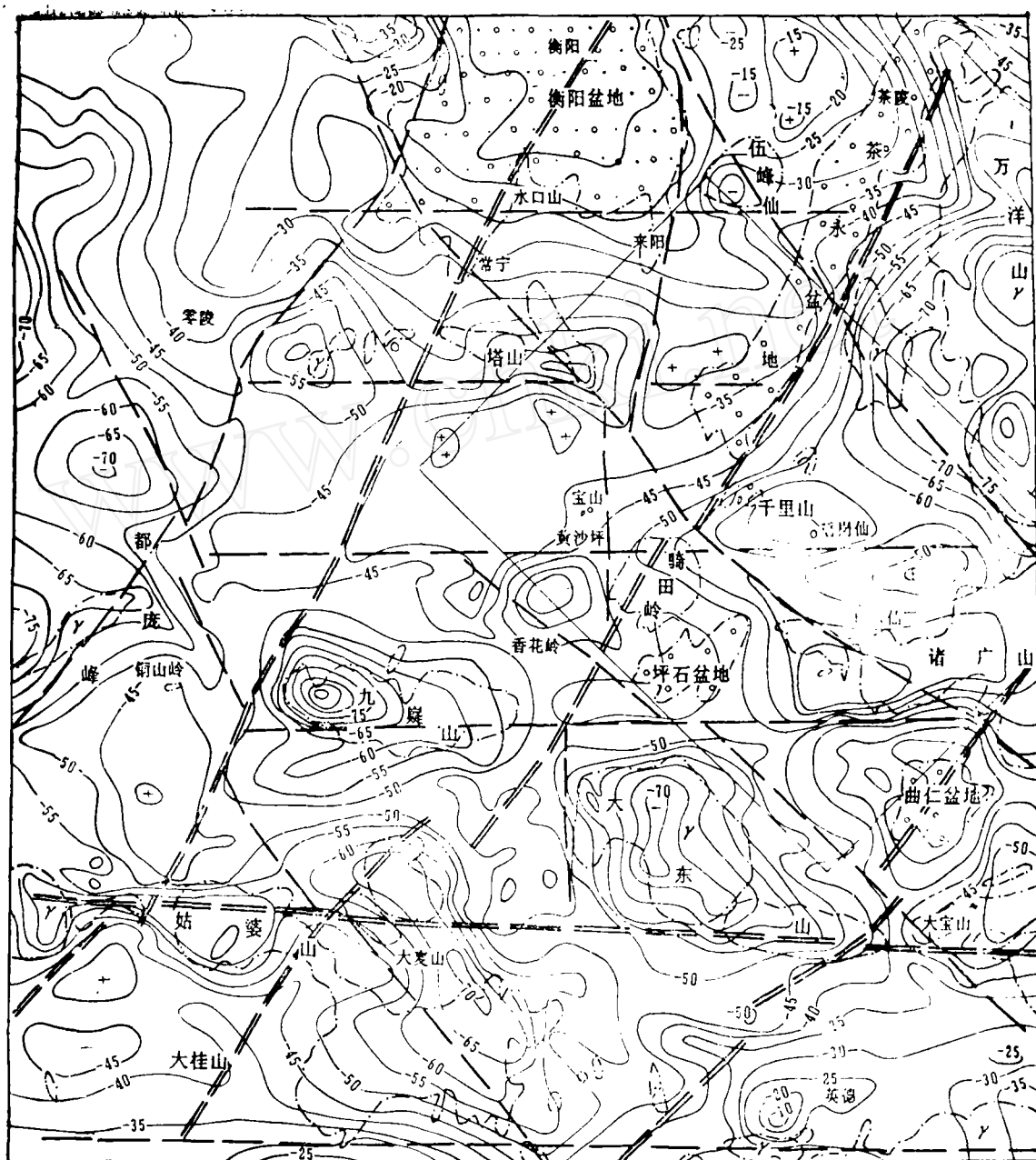


图 1 湘南—粤北重力布格异常及基底断裂分布图

1—花岗岩；2—沉积盆地；3—重力布格异常 (mg1)；4—物探推测深大断裂；5—物探推测大断裂；6—航空磁测数据处理区

花岗岩体的低密度特征。②不存在正值的区域磁异常。③花岗岩为负磁场区，围绕它的是呈环状分布的正值局部异常。

两类矿床的重、磁场特征反映了不同类

型岩浆岩及其成矿专属性：前者为深源岩浆；后者为浅源岩浆。

滇东南—桂东锡—多金属成矿带，在根据区域二导异常划分的10条坳陷带上，27个

局部坳陷地段中的17个不同程度地分布着花岗岩,且大致呈等距离分布,其中12个赋存有锡—多金属矿床或矿点。

2. 深部矿源层

姜齐节等人研究了中国大陆中东部基底地层成分分布与金属矿化区之间的关系,认为:①以中基性为主的火山岩基底区的特征矿产是金矿和钼矿。另外还有重要性占首位的铁矿和汞矿,以及居第二位的铅锌矿、锰矿。②粉砂—泥质基岩区的特征矿产是锑矿、锡矿和除石英脉钨矿以外的其他钨矿。另外还有重要性居首位的铜矿、锰矿和铅锌矿,以及居第二位的铁矿、汞矿。③砂质基岩区的特征矿产是石英脉钨矿。

可见,查明陆壳基底岩层的特点,对研究区域成矿作用和找矿,都是十分重要的。

3. 区域地球化学特点

湘南—粤北多金属成矿区,根据区域土壤和重砂测量资料,结合区域构造、岩浆岩、地层和不同类型矿床的分布特点,可划分出14个地球化学异常、5种元素组合类型:①Pb、Zn、Cu、W、Sn组合;②Pb、Zn、Hg(Sb)组合;③W、Sn组合;④Hg、Sb(Cu)组合;⑤Cu、Pb、Zn组合。

上述地球化学分带受不同成因岩浆岩系列控制:与深源岩浆有关的是以Cu为主、伴生Pb、Zn、W、Sn元素组合;与浅源岩浆有关的是Pb、Zn、W、Sn(Nb、Ta、Be)元素组合。同时也受构造和地层控制。

滇东南—桂东锡—多金属成矿区的元素地球化学异常场可分为氧化环境、还原环境和氧化—还原过渡环境的10个带、25个区。异常与成矿的关系可归纳为:

(1) 异常总体上受地层、岩浆岩和矿化控制;

(2) 异常分区往往反映矿田、矿床的成矿有利地段;

(3) 异常分区的元素组合绝大多数反映出矿床(矿化)的元素组合和类型,如个

旧锡—多金属矿床的异常元素组合为Sn、Cu、Pb、Zn、Mn、Hg。

(4) 异常分带反映出矿化的分带特征。

某一特定的地球化学区,还可反映出某些元素的继承性,表现为同一组元素在不同时间以不同形式相继成矿。如康滇地轴的铁、铜矿化集中区,同时也是铁、铜的地球化学场,从老到新,铁、铜成矿的继承性非常明显。从老基底大红山群与细碧角斑岩建造有关的大红山铁、铜矿床和拉拉厂式铜矿床,到元古代的东川、易门式层控铜矿床,再晚在盖层中形成沉积铁矿床,在中生代陆相盆地中形成含铜砂(砾)岩矿床,从而构成规模巨大的铁、铜成矿带。

4. 隐伏花岗岩预测

许多内生金属矿床与隐伏花岗岩体有密切关系。下面介绍我国地质工作者预测含锡隐伏岩体的方法和实例。

(1) 综合地质方法 含锡花岗岩受区域地质构造控制,形成有规律发育的构造岩浆带。研究表明,构造岩浆带中的等轴状隆起构造单元和放射状、环状断裂,是隐伏岩体或岩突定位的标志。

小岩枝、岩脉、岩瘤和岩浆岩派生的长英岩脉发育地段,是隐伏花岗岩体存在的重要标志。

环状热变质和热液蚀变晕带,是隐伏花岗岩体产出的地质标志。

(2) 综合物探方法 含锡花岗岩及其围岩的密度差明显。岩浆侵入后,其接触带可形成环状磁性体和导电性良好的地质体,为应用多种物探方法寻找花岗岩体创造了前提条件。物探异常的特征是:

重力具有明显的、规则的局部负异常($-10 \sim -30 \text{ mg1}$)。航磁或地磁显示连续或断续的环状异常,中部一般为负异常或低缓异常。放射性伽马测量显示高值异常($18 \sim 30 \%$)。电测深显示低电阻特征(炭质层除外)。

(3) 遥感方法 卫星象片中大小不等的多层结构的环状影象, 常是隐伏岩体存在的标志。影象呈同心环状, 具中心环核结构, 环层2~4层, 环的外围有一系列弧形(或线纹)影象。

地质、物探、化探和遥感等多种方法综合应用, 常可有效地查明隐伏花岗岩体。

大厂矿田位于丹池构造岩浆带中。北西向深断裂和北东向横断断裂交汇处的深部, 可能有东西向的基底断裂通过, 是岩浆侵位的良好部位。地表见近南北向的花岗岩类岩脉或岩枝, 热变质和热液蚀变呈环带发育。航磁和地面磁测发现了环状高磁正异常和中部低缓磁异常, 经钻探和坑探揭露, 在0m标高以上发现约20km²的隐伏岩体。1983年后, 地面重力测量发现半极值等值线(-7.5 mg1) 范围达200km²以上的局部重力低异常(图2)。数据经电算处理后, 所得一导等值线图上见若干负异常, 其中最低值异常与龙箱盖岩体大致吻合。卫片也显示出一大型包含多层结构的环形影象, 其位置和范围与

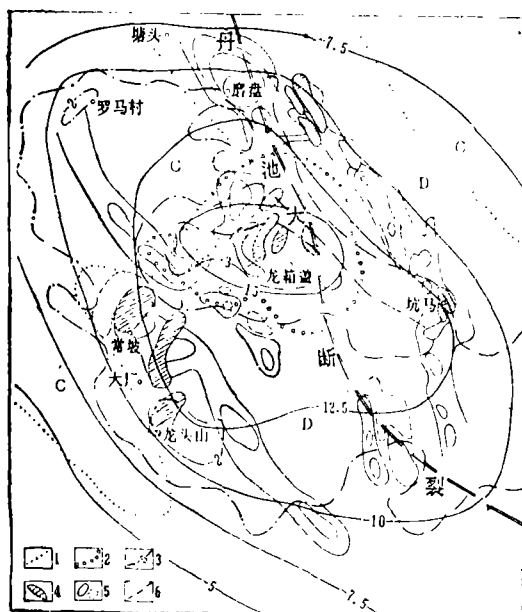


图2 大厂隐伏花岗岩与重、磁异常关系图
1—地层界线; 2—隐伏岩体等高线; 3—重力等值线; 4—重力一导等值线 ($n \times 10^{-3} \text{mg1/m}$)

重力负异常大体一致。这一认识为在大厂矿田进一步开展深部找矿评价提供了重要科学依据。

个旧地区西部有较大的花岗岩体出露, 东部仅有几个小岩体出露。航磁、地磁、航空放射性和重力测量均显示一个完整的大范围异常, 据此推断东区深部存在一个大岩体。为查明深部隐伏花岗岩顶部起伏特点及其埋深, 还开展了电测深及遥感地质工作。在卫星照片上有若干小套环影象显示。在东区400km²范围内, 电测深发现了11个异常, 其中老厂、松树脚等4个异常为已知隐伏花岗岩突起; 竹林、高峰山异常经工程揭露也证实为花岗岩突起所引起, 并发现了新的矿床。重力延拓资料表明, 个旧东、西区花岗

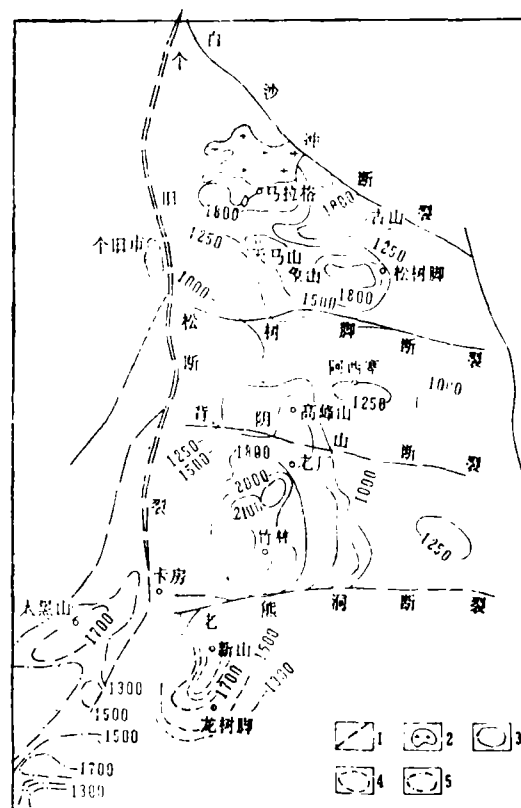


图3 个旧矿区电测深工作成果图
1—断层; 2—花岗岩; 3—电测深推断的花岗岩突起等高线(m); 4—电测深推断的泥质灰岩突起等高线(m); 5—电测深推断的低阻体突起等高线(m)

岩体呈相连的饼状(图3)。元素和矿物水平分带的中心(多为偏高温的矿物)常常指示隐伏岩体存在的可能部位。如老厂—高峰山地区,通过建立原生异常组合分带,预测出该地区的花岗岩体(图4)。

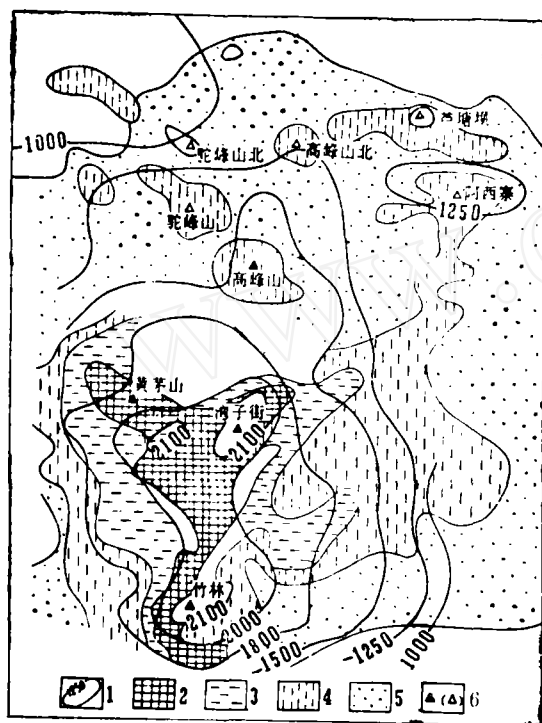


图4 老厂—高峰山矿田地表原生晕异常分带与隐伏花岗岩岩株的关系
1—花岗岩等高线(m); 2—Sn、Cu异常带; 3—Sn、Pb异常带; 4—Pb、Zn异常带; 5—Mn异常带; 6—矿床(预测矿床)

隐伏矿床的勘查方法

近年来,在云南、广西、湖南、广东、安徽、辽宁等省(区)的若干金属矿床,在地质研究的基础上,投入了化探、物探、遥感、数学地质等多种方法,取得了明显的找矿效果。

1. 研究成矿规律, 建立成矿模式

开采40余年的华铜铜矿,通过总结成矿规律,不断深化认识,发现了大量隐伏矿体。区内矿化夕卡岩带严格受斑状花岗岩与白云质大理岩的接触带控制。但并非所有接触带

都有矿。矿体只赋存在花岗岩接触面的凹带。按其产出形态分为水平凹和垂直凹两种。水平凹受岩层和褶皱控制。区内有3条较大的水平凹沿正接触带展布。垂直凹受压性、张性和张扭性断裂控制,并环绕接触带呈放射状产出。矿区内共有16条垂直凹带,其中W₄、W₅、W₁₃、W₁₄和W₅规模较大(图5)。

凹带中的矿量与其规模成正比。两类凹带的汇集相交处是最有利的成矿部位,其中控制的矿量占全区凹带矿量的64%。区内共有交汇凹带31个,已探明18个。在预测的13个交汇凹带中,已探明9个,储量约占全区总矿量的20%。云南个旧锡矿床和长江中下游的正接触带型铜矿的预测,也有类似的成功经验。

广西大厂矿田西矿带长坡锡矿上部为脉状矿体,下部为似层状矿体。通过对比分析这种矿化分带模式,结合研究地质条件和异常特征,确定东矿带的大福楼区磁异常由浅陡、深缓两部分组成,进而推断矿化也可能由深、浅两部分组成。同时还查明,地层中深部磁黄铁矿有与花岗岩热变质和后期成矿活动有密切关系的两种成因,从而解释了磁异常叠加模式和磁黄铁矿的来源。其结果导致了大福楼矿床的发现。

2. 综合物、化探方法

西南有色地质物探队,在个旧锡—多金属矿区应用次生晕、原生晕和单矿物中微量元素含量等资料,结合地质和物探成果,寻找隐伏矿体,判断矿化规模,取得了可喜的成绩。

该区已肯定和新确定的有望找锡局部异常87个,其中1982年以前验证了32个,见矿16个;1982年后验证了12个,除已知矿床或部分已控制的矿床引起的3个外,其余8个均为规模不等的锡矿床所引起。个旧芦塘坝经大比例尺原生晕测定,圈出以Sn、Cu、Pb、Zn、Mo、Ag组合为主的异常区。异常有明显的浓集中心, $Pb/Cu > 1$, Sn、Pb—Zn、

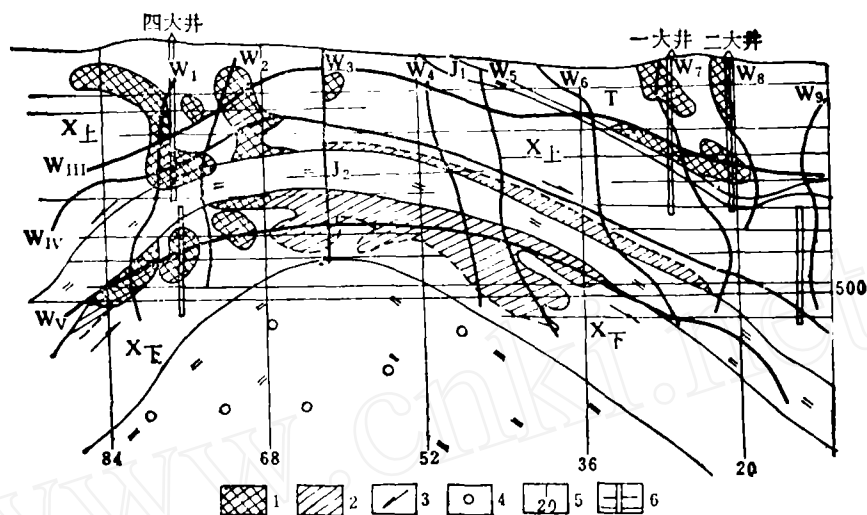


图 5 华铜矿区井田成矿预测图

T—大理岩带, J₁、J₂—角砾岩带及编号, X_上—上互层带, X_下—下互层带, W₁~W₉—垂直凹带及编号, W_{III}~W_V—水平凹带及编号; 1—已知矿体; 2—预测矿体; 3—倾向背斜轴倾向; 4—井田深部钻孔; 5—勘探线; 6—竖井及中段坑道

Mn自内向外分带特征明显, 似为隐伏锡矿所致, 经工程验证为一大型锡矿床。

在老君山锡—多金属矿区, 根据新寨异常 (以Sn、Cu、Zn、As为主) 和金竹林异常 (以Sn、W、Be为主) 的元素组合特征, 参照磁法和激电异常的差异和地质背景, 推断前者矿化为锡石—硫化物型, 后者为锡石—氧化物型。建立了以“岩 (重熔花岗岩)、位 (岩体、矿体构造定位)、带 (变质、蚀变、矿化圈带)” 的岩控为主的复合控矿概念模式。物探还确定老君山花岗岩北部新寨附近有一隐伏花岗岩突起。经找矿验证, 新寨为大型锡石—硫化物型矿床; 金竹林为一中型锡石—石英脉型锡矿床。

3. 壤中吸附相态汞、汞气测量

该方法在常规化探找矿效果不佳的厚层基岩覆盖区和厚层运积物覆盖区, 具有较好的找矿效果。厚层冲淤积物覆盖的吉林小栗子斑岩铜矿区; 外来风积物 (厚几至几十m) 覆盖的黑龙江呼盟八八一斑岩铜矿区; 广西两江脉状铜矿厚层基岩覆盖区的找矿试验, 都取得了很好的找矿效果。

壤中汞气异常是隐伏矿体和矿化体引起的。各类金属矿床土壤中汞的存在形式差异不大, 主要由自然汞, 氯化汞和氯化亚汞组成。含矿断裂上方土壤中吸附的Hg⁰和HgCl₂ (或HgCl) 的量远比不含矿断裂地段多, 这无疑表明壤中汞气测量, 在厚层覆盖区具有独特的找矿效果。

卤素 (主要是F) 测量对寻找与岩浆岩有关的铌、钽、钨、锡、钼、铜、铅、锌矿也颇有效。

新疆金窝子210号含矿破碎带的1线土壤剖面东南端为残积物覆盖, 西北端为厚层洪积物覆盖。矿床东南端矿体出露地表。矿体呈层状、透镜状产出, 地表矿体产状陡, 深部平缓。围岩为黄铁矿化、绿泥石化粗屑凝灰岩, 石英网脉发育。东南端含矿破碎带的赋矿部位显示清晰的Au、Ag、W、Hg、Cl、As、F、CO₂等多元素组合异常和电导率 (K) 异常, 反映出浅部金矿体的赋存部位。

沿含矿破碎带的倾斜方向 (矿体上盘), 厚层洪积物覆盖地段出现Hg达30ppb的异常

峰(异常下限8ppb),这是隐伏在150m深处的厚层金矿化富集体上盘晕的反映。

值得指出的是,矿体出露地段出现马鞍状的Cl异常,其低值异常的中心部位恰是金矿化体的赋存部位。高峰异常的强度为1000~3800ppm,系深部产状平缓的金矿化富集体上盘晕的反映。土壤电导率异常在浅部和深部金矿体的上方,均出现峰值。

试验结果表明,Au、Ag、W、As、F仅在残坡积物覆盖的浅埋矿化地段出现异常,而Hg、Cl、CO₂和电导率异常则反映厚层洪积物覆盖的缓倾斜层状盲矿体的赋存部位。

4. 物探方法

除了常用的重力、磁法、电法外,我院

还开展了地下物探和大深度探测的地面物探研究。

地下物探采用的是井中自电、井中激电、深部充电、井中磁测、井中电磁波和井中过渡场法等。

大深度地面物探采用是过渡场法、频率测深和可控源磁音频大地电磁法。前两者用的是国产仪器,后者用的是加拿大产的V₁仪器。

上述物探方法可解决某些地质,以及深部矿体位置和形态等问题。

参 考 文 献

- [1] 姜齐节等,地质与勘探,1982,第1期。
- [2] 冶金部地质研究所化探室气测组,地质与勘探,1982,第3期。

Concealed Deposits and Their Exploration

Yao Jinyan

In the present paper the author has emphatically analysed the geological setting at depth for the forming of concealed ore deposits. Based on a study of metallogenic zones of non-ferrous metals in South Hunan, North Guangdong, and Southeast Yunnan-East Guangxi, deep geological structure, deep-seated source bed, regional geochemical environment, and methods for the prognosis of concealed granitic mass are discussed. A metallogenetic pattern has been established through a mineralization regularity investigation. Results achieved by using integrated geophysical and geochemical survey, including measurement of Hg adsorbed in soil, mercury vapor survey, underground geophysical techniques and different geoelectric sounding methods, are also introduced.

(上接第41页)

离不远,在矿体上盘的点较多,可能是受矿化影响和磁性体分布不均匀所引起。 $\gamma = 75^\circ$,与实际情况相比,误差为14.8%。可见所提出的解释方法能达到满意的精度。

结 论

所提出的方法简单实用,可编制程序进行计算,计算结果较为直观。用来解释二度体,要求的条件少,不受剖面形态、磁参

数、磁性体形态限制,也不需过多实测点就可直接进行解释。可依据解释结果的分布规律、变化关系来选择合乎客观实际的结果。为使结果正确,符合客观实际,须按剖面上多个点进行多次计算,取其平均值。往往选择 $Q(z)$ 的两种形式分别进行解释,再分析结果看有何规律。理论和实际算例证明,用此方法解释二度规则磁性体的异常可以得到满意的结果。

A Universal Method for Interpretation of Anomalies due to 2-D Magnetic Bodies of Regular Shape

Chen Fu

With the help of the anomaly formula for a two dimensional magnetic body, expressed by functions of complex variables, a universal interpretation formula has been derived. It provides a simple approach for solving the inverse problems of different 2-D magnetic bodies.