摘要

随着找矿程度的不断深入，浅部易于发现和利用的矿产日趋减少，对深部有色金属找矿方法的研究已构成当今整个地质界的重要研究课题之一。矿产勘查对方法技术的选择和应用，要求以较小的投入，取得较好的地质效果和较大的经济效益。综合地球物理勘查方法已成为现在地质找矿勘查的一种重要手段，而且将发挥愈来愈重要的作用。

本文在前人研究的基础上,在新疆卡拉塔格地区铜金矿床的梅岭和红石矿区遵循从已知矿到未知矿的原则进行方法技术试验和测定物性参数,进而系统研究地球物理参数和异常特征.其中重点研究该地区的间接找矿标志和资料解释来指导找矿。

本文在新疆卡拉塔格地区铜金矿床的成矿地质背景基础上,研究该地区的区域地球物理特征(包括区域密度和磁性特征)和矿区地球物理参数特征(包括矿区磁性和电性特征)。结合钻孔岩芯化学分析物性参数、原生晕和电性参数，电性参数低阻高幅频率主要对应于以黄铁矿为主的硫化物，原生晕元素异常组合均与黄铁矿有一定的正相关关系，因而黄铁矿化可作为铜金矿、锌铜矿的间接指示目标，可利用以幅频率、电阻率差异为前提的电法勘探方法圈定黄铁矿化范围进行间接找矿。

本文运用高精度磁测试验资料发现梅岭和红石矿区处于低磁蚀变带的范围，通过处理划分构造格局、圈定岩体范围及空间分布特征；用激发极化法井一地方式向量充电在梅岭矿区圈定了三个效果极佳的金属硫化物视极化率充电向量异常带；寻找和确定矿体赋存部位采用激发极化测深圈定浅部的低中阻高极化率黄铁矿硫化物范围；用强场源瞬变电磁测深探测深部的地电断面电阻率二元结构。通过综合解释研究指导找矿,在梅岭和红石矿区找矿取得满意的效果，验证钻孔均见到不同厚度的铜金矿化体。特别是强场源瞬变电磁法在红石矿区的深部找矿取得了巨大突破，见到了品位可观的铜金富厚矿体。

最后通过新疆卡拉塔格地区铜金矿床的成矿地质背景、地球物理参数特征、地球物理异常特征总结出该地区的地质标志、地球物理标志、地质一地球物理找矿示意模型以及找矿的方法技术组合流程。

关键词： 铜金矿床;地球物理参数和异常特征;高精度磁测;激电测深;激电井一地方式充电; 瞬变电磁法;找矿标志;地质-地球物理模型

ABSTRACT

With the extent of exploitation higher and higher, it becomes a important issue at present to study how to find ore in the deep because the shallow beds were less and less. About choice and application of ore prospecting methods, mineral resources exploration.will get better geological results and economical profit at a low investment.At present integrated geophysical methods are widely used in mineral resources exploration.

The paper based on predecessor research work, which follows from known to unknown rules, adopts geophysical methods testing and parameters measuring in discovered Meiling and Hongshi mining areas of copper-gold deposits in kalatage area.It mainly systematizes geophysical parameter and anamolous characteristics.The important points are indirect signs and synthesis explanation research instructing ore.

Based on geological background , the paper mainly researchs regional geophysical characteristics (including regional density and magnetic characteristics) and mining area geophysical parameters (including magnetic and electrical characteristics). Through chemical analysis of core drilling physical parameters of the original Halo and electrical parameters. electrical parameters of low resistivity high rate of frequency correspond to the main sulphide pyrite. Anomalous elements combined with the original Halo are positive correlation with pyrite.Pyrite may serve as copper-gold copper-zinc indirect signs, so electric methods can be used to detect differences between rate of frequency and electrical resistivity prerequisite for exploration of the scope of indirect prospecting delineated pyrite.

In this paper, high-precision magnetic testing data finds low magnetic alteration zone of Meiling and Hongshi mining area, as well as division tectonic pattern delineation of the scope and spatial distribution of rock by processing. IP well-ground charging vector delineates three excellent results for the metal sulfide polarization charge Vector anomaly zone in Meiling mining area. Finding and identifying ore bodies are delineated using IP sounding for detecting low-middle resistivity and high polarization pyrite sulphides. Strong field source TEM sounding detects deep exploration of the electrical resistivity section dual structure. Through

integrated interpretation, prospecting mining area in Meiling and Hongshi made satisfactory results. Drilling will test the thickness of the copper-gold seeing the body. Particularly strong field source of TEM in the deep mine prospecting, Hongshi made significant breakthroughs, prospecting high grade copper-gold orebeds.

Finally, based on regional geological background of copper-gold deposit, geophysical parameters and anomalies characteristics, the paper sums up signs in the area of geological and geophysical indication, geology-geophysics model, as well as ore prospecting techniques process.

Key Word: copper-gold deposit; geophysical parameter and anomalous characteristics; IP sounding; high-precision magnetic prospecting; IP well-ground charging; TEM; ore prospecting sign; geology-geophysics model

研究生学位论文独创性声明和版权使用授权说明

独创性声明

本人声明：所呈交的论文是我个人在程志平副教授和陈卫教授级高级工程师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得桂林工学院或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。对论文的完成提供过帮助的有关人员已在论文中作了明确的说明并致以了谢意。

学位论文作者（签字）：周小平

签字日期：2007.6.9

版权使用授权说明

本人完全了解桂林工学院关于收集、保存、使用学位论文的规定，即：按照学校要求提交学位论文的印刷本和电子版本；学校有权保存学位论文的印刷本和电子版，并提供目录检索与阅览服务；学校可以采用影印、缩印、数字化或其它复制手段保存论文；在不以赢利为目的前提下，学校可以公布论文的部分或全部内容。（保密论文在解密后遵守此规定）

学位论文作者（签字）：周小平

指导教师签字：程志平

签字日期：2007.6.9

第1章 前言

随着找矿程度的不断深入，浅部易于发现和利用的矿产日趋减少，对深部有色金属找矿方法的研究已构成当今整个地质界的重要研究课题之一。地质矿产勘查是一项探索性很强的实践活动，有着极大的风险性和不确定性，并且需要较长的周期和一个实践、认识、再实践、再认识的反复过程。矿产勘查又是一种经济行为，要求以较小的投入，取得较好的地质效果和较大的经济效益；在社会主义市场经济条件下，其商业性更为突出。当今对矿产勘查方法技术的选择和应用，不仅要求取得地质效果，而且必须经济、合理。综合地球物理勘查方法（物探方法）已成为现在地质找矿勘查的一种重要手段，而且正发挥愈来愈重要的作用。

1.1 本选题有关的研究方向发展情况

金属与非金属矿物探是物探的重要组成部分，金属矿是物探最早的应用领域，我国也是如此。早在 1936 年，丁毅先生在安徽当涂铁矿曾用电法进行了工作，为我国电法勘探领域首开先河。1937 年李善邦和秦馨菱先生用扭秤在湖南水口山铅锌矿上开展工作，根据测量结果指定的钻孔在新冲证实有矿；1939 年他们在四川綦江铁矿用磁秤进行试验。1940 年秦馨菱和方俊先生用磁秤和扭秤在贵州威宁妈姑铁矿进行过工作。1941 年李善邦、秦馨菱两位先生用磁秤在四川西昌沪沽铁矿开展工作，同年到四川盐边攀枝花踏勘铁矿点，在地质填图时勘查了几条剖面，首次发现了攀枝花钒钛磁铁矿。1941 年秋秦馨菱先生沿大渡河一带几处沙金矿做过磁法试验[1]。

1939 年至 1942 年间，顾功叙先生曾在云南东川汤丹、易门铜矿开展了自然电场等电法测量。1943 年，顾先生与王子昌先生一道在云南会泽矿山厂铅锌矿用自然电场法开展工作。1944 年在贵州水城观音山铁矿用磁法和电阻率法进行工作，还推算了储量。1945 年顾功叙与胡岳仁、杨祖诏先生等在贵州赫章铁矿山和菜园子铁矿用磁法和电阻率法进行了工作。1945 年前还在东北、华北的一些铁矿上曾进行过磁测和其他物探工作。

自新中国建立以来，特别是第一个五年计划开始，地质和物探才成为国民经济建设的组成部分，逐步系统开展起来。

区域物探和矿产物探在金属与非金属矿的地质、找矿方面取得了丰硕成果，成为整个地质勘查工作的重要组成部分。区域物探主要以区域重力和航空物探为主。

矿产物探的成果十分丰硕，物探工作涉及到的矿种有黑色金属矿、有色金属矿、贵金属矿、稀有稀土与分散元素矿及大量的非金属矿，达到40多种。

物探直接找矿效果最为显著的是铁矿，我国80%的磁铁矿是由磁法提供线索发现和扩大的。通过大面积航磁和地磁工作，发现或扩大了一大批各种成因类型的磁铁矿床。例如大冶、邯邢(邯郸一邢台)、莱芜、迁安、鞍本(鞍山一本溪)、包头、攀西、宁芜(南京一芜湖)、晋北、云南大洪山等地区和福建龙岩马坑、安徽庐江罗河、陕西柞水等矿床；另外还有内蒙古黄岗的铁锡矿、黑龙江谢尔塔拉的铁锌矿、河北阳原三义庄铁锌矿和甘肃张家川的铁铜矿等与铁共生的有色金属矿。工作中有时还采用重力法、井中三分量磁测及电测深法。在低缓磁异常和复杂磁异常的解释方面，积累了较多经验。

采用重力和磁法在新疆托里发现“鲸鱼”隐伏岩体和中型铬矿，这在铬矿普查中具有突破性，而后物探又在西藏东巧、罗布萨等地找铬矿中发挥了作用。

物探用电法、磁法和重力法(有时还使用井中电法)在发现和扩大有色金属矿方面也取得了显著的成果。物探找矿大致经历以下阶段：

在创业阶段，物探就在多处矿区开展工作，并取得一批找矿成果.如甘肃白银厂小铁山铅锌铜多金属矿是在验证电法异常时发现的盲矿，另在辽宁红透山铜矿、吉林红旗岭铜镍矿、辽宁青城子和湖南黄沙坪铅锌矿、青海铜峪沟和赛什塘铜矿、云南个旧锡矿等矿的找矿中发挥了作用。

在发展阶段，物探在更多的地区开展工作，发现和扩大了一批矿产地。如内蒙古白乃庙和霍各乞、河北寿王坟、湖北铜绿山和丰山洞、湖南七宝山、江苏安基山、安徽西马鞍山、四川李伍、青海果洛、西藏玉龙等地铜矿;青海锡铁山、内蒙古甲生盘等地的铅锌矿；吉林长岗岭、河北大湾等地的铝矿；甘肃金川三、四号铜镍矿。

在提高阶段，物探在适应找深部矿和盲矿方面发挥了更大作用，工作地区更广，验证异常见矿率也有提高。如新疆阿舍勒和喇麻苏、青海赛什塘和安徽铜陵外围、广东玉水等铜矿；新疆喀拉通克和哈密地区铜镍矿盲矿的发现；河北蔡家营、新疆可可塔勒、内蒙古白音诺尔、湖南康家湾和花垣等地铅锌矿；湖南三合抒、广西大厂、内蒙古林西大井等地锡矿以及江西香炉山白钨矿等。

在转型阶段，物探继续在已知矿区外围和一些新区开展工作，取得不少成果.如新发现新疆小热泉子铜矿。在新疆阿舍勒、甘肃筏子坝铜矿区扩大了规模。在江西银山铜矿、内蒙古大井锡多金属矿、福建梅仙铅锌矿以及其他已知矿区开展了工作，在找矿中发挥了作用。

贵金属矿物探在间接找矿与深部评价方面也发挥了作用.如用综合物探方法

发现、追索山东胶东仓上等几处金矿，以电法或磁法发现冀北后沟金矿、安徽黄狮捞山金矿、新疆齐依求II号金矿等多处金矿。以电法追索与扩大河南桐柏银洞坡金、银矿和破山银矿、吉林山门银矿和云南白牛厂银矿，用磁法和电法发现内蒙古额仁陶力盖银矿方面发挥了作用。

在辽宁瓦房子、湖南江口、闽粤等地的氧化锰矿上使用电法开展了工作，并取得好效果。

非金属矿物探找矿效果也相当突出。方法除磁法、电法外，有时还使用放射性法及某些测井技术，个别情况还采用了井中电法。60 年代根据重力异常发现安徽定远、湖南衡阳、云南江城、山东泰安等大型盐矿；80 年代又在云南安宁、富民找到大型盐矿。应用综合物探圈定与评价了河北隆尧、湖南临沣佘市桥和湖北当阳大型石膏矿，黑龙江罗北、山东平度、陕西丹凤、湖北宜昌一兴山石墨矿，河南灵宝、青海青龙滩硫铁矿，辽宁的石矿与硼矿和青海、新疆的钾盐矿等。用磁法发现了山东蒙阴胜利 1 号、红旗 28，30，33 号金伯利岩管。辽宁瓦房店金伯利岩管的圈定磁法也起到作用。

在云母、水晶、萤石、重晶石、硅藻土、膨润土、高岭土及建材方面也开展了物探工作，在找矿和评价材质方面发挥了作用。

虽然物探找矿效果很大，但由于向物探提出的任务往往是直接找矿，且多限于普查阶段，特别是发现初期，而较少用于圈定和研究矿体形态；再者，一些情况下物探方法的运用不恰当、不灵活，以及异常查证不及时，验证后工作未跟上等原因，也影响到物探找矿作用更好的发挥，致使一些本应有较好找矿效果的矿床未能使用物探或物探的作用不明显。

纵观物探找矿的发展史，20 世纪的后 50 年.是我国金属资源大规模勘查的重要时期。前 25 年是发现了多种矿床的，找矿的对象主要是出露矿与浅表矿。地质作为直接找矿的手段，发现了大量矿床。自 50 年代中期，相继投入的重力、电阻率法、磁法、激电等地球物理方法，很快发现了一大批铁矿、矽卡岩铜矿、硫化矿床、以及斑岩铜矿等浅表矿床。后 25 年，金属矿发现率有明显下降，甚至加大投入，找矿效果也不明显。原因是，找矿主体由原来的出露矿、浅表矿，逐渐的转向隐伏矿了[2]。至 20 世纪 90 年代中期，全国主要矿带地球化学扫面的基本完成，随着地质找矿工作深入,金属与非金属矿勘查所面临的基本形势是已进入寻找隐伏矿阶段。进入 21 世纪，由于各国加大对找矿的投入，世界各地兴起了找矿的热潮。在隐伏矿勘查过程中，地球物理方法发挥了重要的作用[3]-[9]。

由于隐伏矿找矿的直接信息少，只能依靠深部探测的方法、技术得到间接信息。在地质化探异常的基础上，为减少找矿风险，利用地面、钻孔、作为深部找

矿的通道，地球物理勘查方法具有很大的优势，发现了不少隐伏矿床[4]-[8]。如目前深部找矿瞬变电磁法（TEM）[9]-[21]是有效的勘查方法，它具有高分辨率、探测大深度的特点，使总体找矿能力达到较大深度，是一种近年来发展迅速、并在矿产勘查广泛应用的一种人工源时间域电磁勘探方法。激发极化法（简称激电法）[22]-[31]是以地壳中不同岩、矿石的激电效应差异为物质基础，通过观测与研究人工建立的直流（时间域）或交流（频率域）激电场的分布规律进行找矿和解决地质问题的一种电法勘探方法。它作为综合地质和地球物理研究的手段之一，实践证明，它是勘查各类金属矿产的主要方法，特别是对电阻率与围岩相差不大的浸染型金属矿床而言，与其它方法相比更为有效[32]-[34]。中南大学（原中南工业大学）提出的双频激电法[35]-[37]是对变频法的发展，进而研究推广交流激电法。有关这方面的理论、方法技术和应用成果已有大量的文献报道。高精度磁法勘查[3][6][7]是物探方法中应用最早、理论最成熟、效率最高、成本最低的方法之一，也是目前在矿产勘查中应用最多的一种方法，是一项基础性的地球物理勘查工作。地下物探[38]在金属矿区的详查和勘探阶段，它应用于详查金属矿体的位置、形状、大小和相邻矿体的相连情况。

1.2 前人在本选题研究领域中的工作成果

本选题的新疆卡拉塔格地区是一个与晚古生代古火山活动有关的铜金矿（化）区[39]-[47]。该地区铜金矿的找矿工作开始于1959年，原新疆地质局二区测队三分队开展1：200000康古尔塔格幅区域地质测量和矿产普查工作，提交了本区第一份较系统但略显粗糙的地质矿产资料，描述了图幅内地层、侵入岩、构造、矿产等情况。

1977年，原新疆地质局物探大队对1：200000康古尔塔格幅内的C-76-74、75、77航磁异常进行了三级查证。将C-76-74、C-76-75定为丁类异常，C-76-77定为丙类异常，认为C-76-74异常由角闪花岗岩引起，C-76-75异常由英安斑岩引起，C-76-77异常为隐伏磁性体引起。

1977－1980年，原地质部第二物探大队在吐哈盆地以南开展1：200000区域重力扫面工作(含康古尔塔格幅)，根据布格重力异常提出了本区大地构造的归属意见，并分析了成矿远景。该工作对设计区内的基底断裂构造特征有重要的参考价值，特别是确认了卡拉塔格南侧的大草滩断裂的重要地质意义。

1986－1988年，原新疆地矿局第一区调大队对1：200000康古尔塔格幅区调进行修测，将本区地层进行了重新划分，建立了一套较全面的地层系统。引人注目的是，下泥盆统卡拉塔格组的建立和大草滩深大断裂重要意义的认识，使区

内的地质研究程度上升到一个崭新的层次，为今后工作奠定良好的基础。

1997 年，原新疆地矿局第一地质大队围绕土屋铜矿点在土屋-延东一带开展大比例尺的激电、磁法、激电测深、重力等物探测量工作，在铜矿找矿方面取得良好效果。对设计区开展物探工作很有帮助，特别是在有效物探方法的选择方面，具有很好的借鉴意义。

针对本区地质找矿开展的比较系统的大范围化探工作是在 1986—1988 年，由河北地矿局化探大队和国家“三 0 五”项目办开展了康古尔塔格幅（K-46-14）1：200000 低密度化探。圈定出不同类别的组合异常 65 个、单元素异常 735 个，其中金异常 19 个。尤为注目的是，区域化探显示出沿小热泉子-土屋-黄山一带有一条近东西向连续长约 600 千米的 Cu、Au、Zn、Co、Ni、Mo 等元素的地球化学异常带。卡拉塔格地区被划为 II 级找矿远景区，认为 Ap03、Ap07 异常具有找铜金矿条件，但未对这两个异常进行三级查证，也未查证 Ap06、Ap09 等异常。这份化探报告与 1988 年完成的 1：200000 康古尔塔格幅区域地质调查报告，为九十年代以来地质找矿取得显著成效做出重大贡献。

1993－1994 年，原新疆地矿局第一地质大队在土屋-延东一带开展了 1：50000 区域地质八幅联测工作，发现了土屋东铜矿。

1997－1998 年，新疆地调院发现了土屋斑岩型铜矿，随后又相继发现了土屋东、延东、灵龙等斑岩型铜矿以及维权矽卡岩型铜矿，获得的预测资源量近千万吨。东天山地区逐渐凸现出一个超大型斑岩铜矿带的基本轮廓。

1999 年，原中国有色金属工业总公司地质勘查总局项目“天山成矿带铜、金成矿条件与靶区优选”在卡拉塔格发现三处具有矿化显示的“环状”强蚀变体。2000 年，中国地调局、原新疆地矿局以及国家 305 项目办在东天山地区开展综合地质研究和地质勘查工作，先后找到并探明了一批中、大型铜金多金属矿床，极大地推动了东天山地区的地质找矿工作。

自从 2001 年以来，国土资源大调查项目“新疆哈密卡拉塔格地区铜金矿资源潜力评价”启动。在 Ap7 异常区中西部发现了梅岭铜金和红石（梅岭东）矿区，只做了一些面上的工作，在该地区打的验证孔少，钻孔 ZK001 见矿效果好但未对矿体延伸及边界控制。Ap7 区化探异常面积达 14 平方千米，说明 Ap7 区为一个潜力巨大的找矿靶区。

1.3 本选题研究的研究现状和主要内容

新疆卡拉塔格地区铜金矿床受复杂的火山岩相及构造的控制，成矿规律复杂，矿体产状也比较复杂、延深大，直接找矿标志少。卡拉塔格找矿与火山岩一

次火山岩有关的铜金矿，不同于国内外典型的斑岩铜(金)矿，故不能简单套用斑岩铜矿的勘查找矿模式。工区主要做了少量的区域重力、航磁等物探工作，指出卡拉塔格有航磁异常和南、北两侧为明显的区域重力梯度带，未对地球物理参数和异常特征进行深入的研究。新疆哈密卡拉塔格地区地处荒漠戈壁，近地表0.3-1.0米范围内普遍形成坚实的盐碱壳，有时深及地表以下2.5米，给物探工作带来极大难度，尤其是影响到物探电法工作的供电和信号接收，直接导致以往物探工作效果不甚明显。前人在该地区只做了一些面上的工作，打的验证孔少，见矿效果好但未对矿体延伸及边界控制。金属物探在找矿中发挥了重要的作用，加之本地区有巨大的找矿潜力，为指导找矿工作的深入开展，有必要在发现的梅岭和红石矿区进行地球物理方法技术试验，力争该地区的找矿上一个新台阶，扩大资源量，获得巨大的经济和社会效益，对配合新疆卡拉塔格地区的铜金矿评价有重要意义。

本文在前人工作的基础上，系统的研究该地区的地球物理参数和异常特征，为指导该地区的找矿和深入开展主要做了以下研究和工作：

（1）测定物性参数，研究该地区的地球物理参数特征，对比参数从而建立直接和间接找矿标志。

（2）遵循从已知矿到未知矿的原则选择地球物理方法技术试验，重点研究地球物理异常特征。

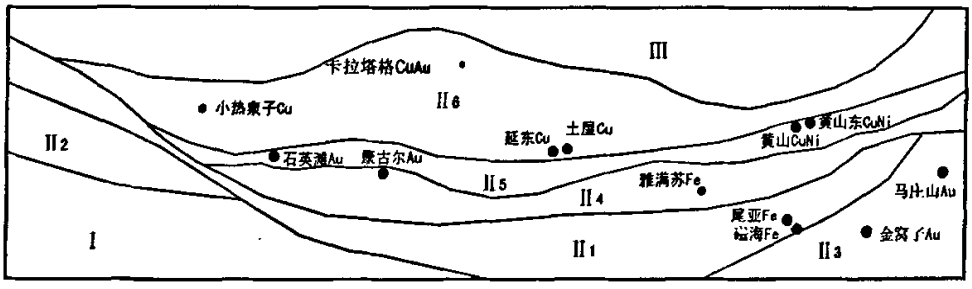
（3）试验资料处理和各种试验找矿方法的对比解释研究，从而指导找矿，借助地质成果进行找矿效果分析，进而总结出该地区的找矿方法。

（4）综合研究地质和物探资料，研究本地区地质和地球物理标志，从而抽象出地质－地球物理示意模型，提出该地区找矿的地球物理方法技术组合流程。

第 2 章 成矿地质背景及成矿特征

2.1 区域地质背景

卡拉塔格铜金矿床位于新疆哈密市五堡乡境内，处于吐哈盆地南缘的古生代“构造天窗”中，在大地构造位置上位于吐哈盆地南缘的卡拉塔格古生代构造隆起带，卡拉塔格古生代构造隆起带属于大南湖一头苏泉晚古生代岛弧带的北段（图 2-1）。卡拉塔格南东 80 千米即为土屋－延东铜矿带位于大南湖一头苏泉晚古生代岛弧带的南段。



构造单元说明：Ⅰ-塔里木地台，Ⅱ1-中天山早古生代岛弧带，Ⅱ2-库米什古生代弧后盆地，Ⅱ3-北山裂谷，Ⅱ4-阿齐山－雅满苏晚古生代裂陷槽，Ⅱ5-秋格明塔什－黄山韧性剪切带，Ⅱ6-大南湖－头苏泉古生代岛弧带，Ⅲ-吐哈地块。

图 2-1 东天山地区大地构造单元分布示意图

2.1.1 地层

卡拉塔格出露地层主要为泥盆系火山碎屑岩夹碳酸盐建造、二叠系陆相中基性火山岩与碎屑岩建造，南侧和北侧分布有侏罗系含煤碎屑建造，再向外被新生代地层所覆盖（图 2-2）。根据 1：200000“康古尔塔格幅”区调成果，下泥盆统卡拉塔格组（D_1k）为一套酸性粗火山碎屑岩建造。该组下段为英安质含角砾熔结凝灰岩、凝灰熔岩安山质火山角砾岩；上段为安山质英安斑岩、石英霏细斑岩和少量辉石安山玢岩、杏仁状玄武玢岩，夹晶屑熔结凝灰岩、岩屑凝灰熔岩、凝灰角砾岩等。该组被大南湖组下亚组超覆不整合。

下泥盆统大南湖组（D_1d）下亚组为浅海相细碎屑岩和火山碎屑岩夹碳酸盐建造，岩性为细砂岩、泥晶灰岩、大理岩夹凝灰岩、霏细岩、钙质砾岩等。上亚组主要为中基性火山岩和火山碎屑岩，岩性是玄武岩、杏仁状安山玄武岩、辉石安山玢岩。上亚组被二叠系不整合覆盖，与中石炭统脐山组角度不整合接触。

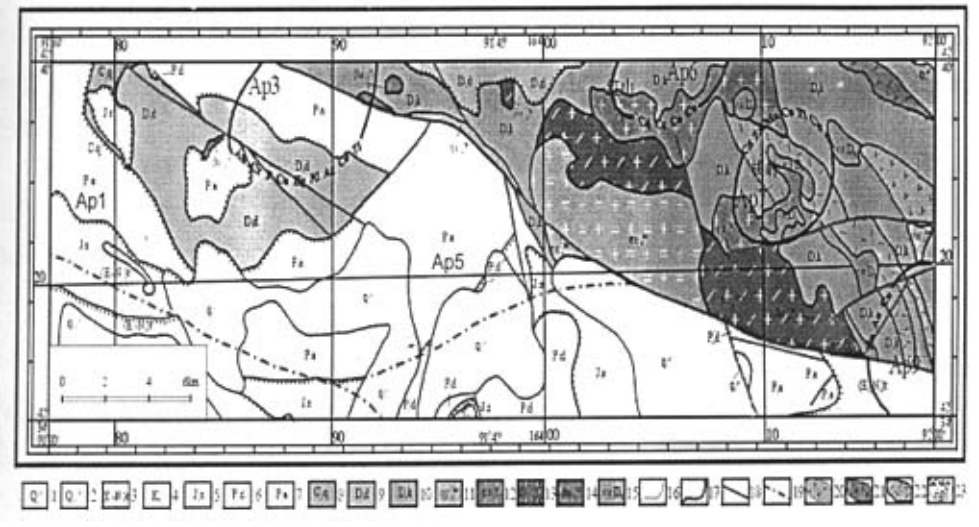
中石炭统脐山组（C_2q）为陆相碎屑碳酸盐建造，仅在工区西部零星出露。岩

性以泥砂岩、炭质岩、砂质灰岩为主，夹凝灰岩、玄武岩。该组与下伏大南湖组为角度不整合接触。上部被下二叠统阿其克布拉克组覆盖。

下二叠统阿其克布拉克组(P_1a)为一套陆相火山岩夹火山碎屑岩建造。该组底部层位为陆相磨拉石建造，主要岩性有紫红色英安斑岩、霏细斑岩、钙质岩屑砂岩、长石岩屑砂岩夹层。该组不整合于下泥盆统大南湖组上亚组之上。

下侏罗统三工河组(J_1s)在工区南侧少量出露，为一套湖－沼相含煤碎屑岩建造。角度不整合覆盖于下二叠统阿其克布拉克组之上。

区内还出露有第三系桃树园组河湖相红色碎屑岩含石膏建造，以及第四系洪积层卵石、角砾及淤砂。



1. 第四系砾石、砂石、淤泥土 2. 第四系半胶结砾岩夹砂砾岩 3. 第三系桃树园组砂砾岩夹石膏 4. 下白垩统玄武岩 5. 下侏罗统三工河组砂岩、砂质粘土岩夹煤层和石膏、菱铁矿 6. 上二叠统大热泉子组砂砾岩夹泥岩、灰岩、凝灰岩 7. 下二叠统阿其克布拉克组中基性火山岩夹火山碎屑岩 8. 中石炭统脑山组砂岩、泥砂质灰岩夹凝灰岩 9. 下泥盆统大南湖组灰质砂岩、大理岩、玄武岩火凝灰岩 10. 下泥盆统卡拉塔格组中酸性火山岩夹凝灰岩 11. 二长花岗岩 12. 花岗斑岩 13. 石英闪长岩 14. 辉绿岩、辉长辉绿岩 15. 地质界线 16. 地质推测线 17. 不整合界线 18. 实断层 19. 推测断裂 20. 中性熔岩为主的蚀变带 21. 玄武岩 22. 酸性熔岩 23. 岩石化探异常及其编号

图2-2 卡拉塔格区域地质图（据原新疆地矿局第一区调大队，1988）

2.1.2 侵入岩-火山岩

区内的侵入岩以海西早期酸性侵入岩为主，呈小岩体或岩株产出，出露面积约 60 平方千米。由早到晚依次为：石英闪长岩、二长花岗岩、花岗斑岩，属低钾钙性系列。

区内火山岩主要为早泥盆世与早二叠世火山活动的产物。下泥盆统卡拉塔格组火山岩以中酸性火山岩及其粗火山碎屑岩为特征，为钙性－钙碱性岩石系列，成因上属于低钾拉斑玄武岩系列。大南湖组火山岩主要为火山碎屑岩和中基性火

山熔岩，属钙碱性系列。早二叠世火山活动形成一套中基性火山岩。

2.1.3 构造

卡拉塔格属于大南湖－头苏泉岛弧带北段的一个次级隆起构造单元，构造型式以褶皱为主，断裂多为褶皱的伴生产物，后期活动性比较强。西段为紧闭型背斜，东段为箱状向斜。NWW 向的大草滩深大断裂具多期活动性，在泥盆纪前已经形成，石炭纪活动强烈，使断裂南盘沉陷接受深海复理石沉积，北盘抬升，仅在局部洼地有陆相碎屑沉积，到二叠纪、侏罗纪及第四纪仍有活动。

2.1.4 区域地球物理特征

卡拉塔格南、北界为明显的区域重力梯度带(图 2-3)。北界为近东西向的吐哈盆地南缘重力梯度带，在工区北部一带略向北呈弧形突出，指示着所谓的吐哈凹陷“南缘深断裂”。南界重力梯度带对应着走向近东西向的大草滩断裂。

在航磁方面，限定卡拉塔格北界的吐哈凹陷“南缘深断裂”实为一系列斜列的断裂组，分划性并不明显。大草滩深断裂以南为沙尔湖剧烈变化区，断裂以北为平缓变化区，卡拉塔格一带深部存在有强磁性基岩(图 2-4)。

2.1.5 区域地球化学特征

区域 1：200000 化探扫面资料显示卡拉塔格一带为 Cu、Ni、Co、V、Mn、Ti、Fe、Au、Zn、Y 等元素的高背景区。主要的综合异常包括：Ap1—U、Be、Zn、Pb、Hg；Ap3—Au、Cr、P、Cu、Hg、Ni、Ag、Co、Ti；Ap5—P、Ti、V、Co、Cr；Ap6—Cu、Cr、Co、Cd；Ap7 —Cu、Zn、Ag、Mn；Ap9—Cu、Zn、Au 等（图 2－2)。

含矿地层卡拉塔格组中 Cu 元素平均含量为 75×10^{-6}，均方差 108，变异系数 1.43，含量起伏明显，在霏细岩中含量可达 450×10^{-6}，玄武岩中达 $150\sim300\times10^{-6}$。大南湖组中的 Cu 平均含量为 64×10^{-6}，均方差 58，变异系数 0.91（表 2－1)。工区内石英闪长岩中的 Cu 含量 150×10^{-6}，伴生副矿物中有辉钼矿。花岗斑岩的 Cu 含量为 100×10^{-6}。

表 2-1 卡拉塔格地区上古生界地层 Cu、Mo 含量

地层时代	组	Cu(10^{-6})	均方差	变异系数	Mo(10^{-6})	均方差	变异系数
P_2	大热泉子组	64	155	2.43	2.8	2.80	0.98
P_1	阿其克布拉克组	42	44	1.04	2.2	20.88	0.95
D_3	康古尔塔格组	27	24	0.89	4.1	5.07	1.24
D_2	头苏泉组	26	42	1.61	26.7	34.8	1.30
D_1	大南湖组	64	58	0.91	1.4	0.78	0.55

D_1	卡拉塔格组	75	108	1.43	1.9	0.96	0.51

注：数据来自原新疆地矿局第一区调大队，1988，1：20万康古尔塔格幅(K-46-XⅣ)区域地质调查报告(地质部分)

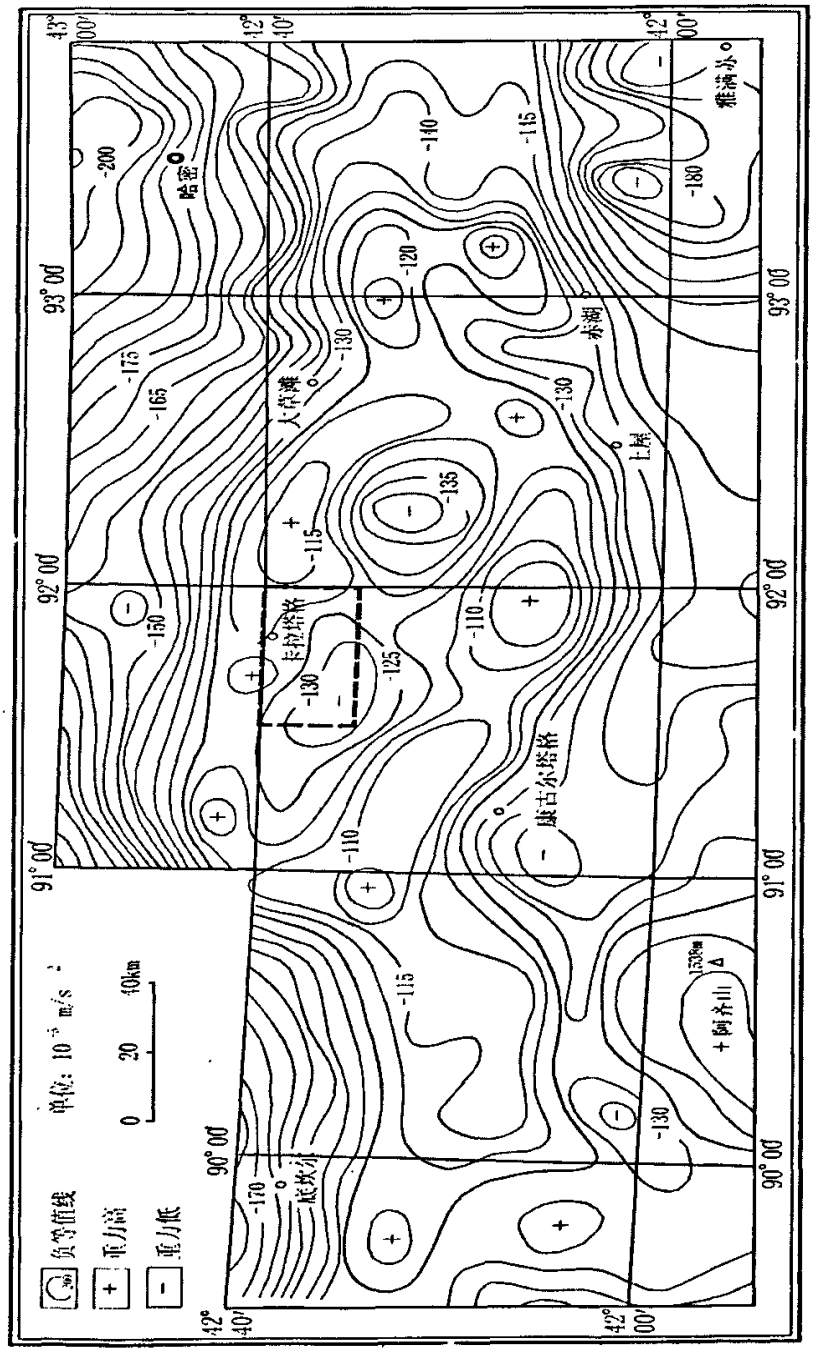


图 2-3 卡拉塔格地区布格重力异常平面图(据原地矿部第二综合物探大队、新疆地矿局物化探大队，1990)

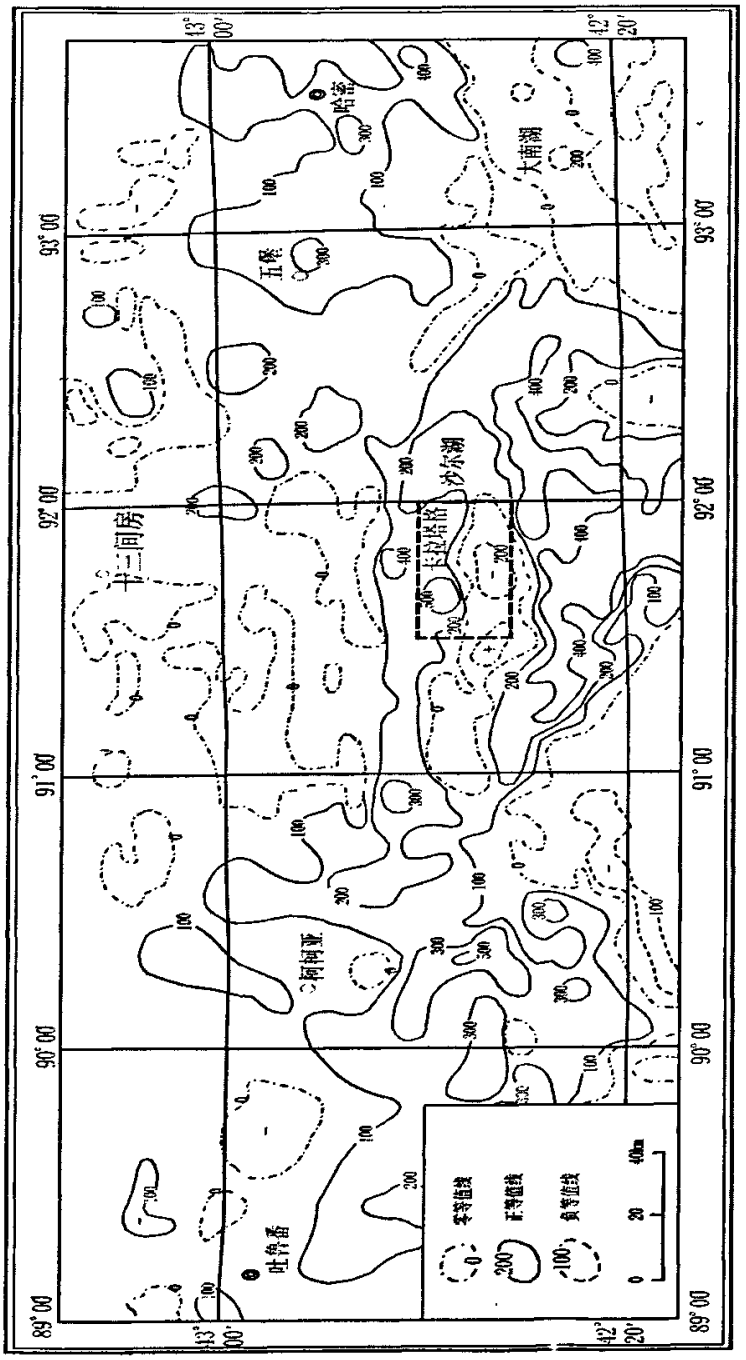


图 2-4 卡拉塔格航磁 ΔT(nT)异常平面图(据原地矿部航空物探总队，1986)



图 2-5 卡拉塔格地区遥感影像图

2.1.6 遥感影像特征

在区域遥感影像上，卡拉塔格地区为由北西、北东向大断裂和北部呈弧形展布的新地层所围限的孤立的扇形地质体。遥感影纹粗糙，色调及影纹呈杂乱的蜂窝状、结核状、葡萄状、肉瘤状，线环构造错综复杂（图 2-5），标识该区火山机构发育，岩浆活动强烈，岩性复杂，岩浆活动具有多期次多旋回的特点，是一长期的热活动中心。

2.2 区域成矿地质条件

东天山矿产资源丰富，主要有铜、金、镍、钨及锂、铍、钽、铌、钴、铁等。著名的矿床有土屋-延东特大型斑岩铜矿床、土屋东大型斑岩铜矿床、黄山、香山等中－大型岩浆型铜镍钛矿床、康古尔韧性剪切带型大型金矿床（带）等。

东天山地区的区域构造格局与塔里木地块和准噶尔洋盆的演化紧密相关。加里东时期，塔里木地块增生范围已扩展到本区。海西早期，准噶尔大洋向南俯冲，东天山地区形成晚古生代沟－弧－盆体系。根据构造性质、火山岩组合及矿床成因类型，由南往北可分为三个带(见图 2－1)：

（1）阿齐山－雅满苏弧后盆地（裂陷槽），位于阿其克库都克断裂与康古尔断裂之间。火山岩为细碧－角斑岩系列，以中心式喷发为主，形成了 Fe(Mn)—FeCu—Cu—Fe（菱铁矿）系列的矿床或矿点。

（2）秋格明塔什－黄山韧性剪切带，位于南侧弧后盆地与北侧岛弧带的交接部位。岛弧、弧后盆地交接过渡部位往往是回返期挤压碰撞最强烈的地带，也是回返后松弛期压力释放最主要的地带。在该带内产有康古尔、马头滩等金铜铅锌矿床和黄山－香山铜镍硫化物矿床。

（3）大南湖－头苏泉岛弧带。位于康古尔断裂以北，至吐哈盆地南缘。该岛弧带中东段在晚泥盆世－石炭纪进入成熟岛弧发展阶段，陆相安山岩、玄武安山岩、英安岩大面积喷发，晚期伴有次火山岩侵入，形成斑岩铜矿，如土屋-延东-三岔口斑岩铜矿。

土屋－延东铜矿带位于卡拉塔格南东 60 千米。该矿带处于康古尔塔格重力异常梯级带内，局部重力场表现为西高东低、北高南低的特点。在区域航磁上，矿区位于正负磁场交替变化的部位。

土屋斑岩铜矿区出露的主要地层为石炭系企鹅山群中基性火山熔岩，夹少量内源碎屑岩，分为 3 个组。第一组主要由内源碎屑岩、沉凝灰岩组成。第二组为灰绿－紫红色拉斑玄武岩、安山岩、玄武安山岩等，其间夹有英安岩、火山（集

块）角砾岩、复成分砾岩和砂岩。火山岩岩石系列以钙碱性为主，碱性和拉斑系列次之。岩石组合为玄武岩－安山岩－英安岩。第三组为灰色－绿灰色砂岩、含砾砂岩、中酸性火山角砾岩、玄武岩、以及少量凝灰岩、安山岩、英安岩等。矿床分布于第二、三组的分界处。

土屋斑岩铜矿区出露的主要地层为石炭系企鹅山群中基性火山熔岩，夹少量内源碎屑岩，分为三个组：第一组主要由内源碎屑岩、沉凝灰岩组成。第二组为灰绿－紫红色拉斑玄武岩、安山岩、玄武安山岩等，其间夹有英安岩、火山（集块）角砾岩、复成分砾岩和砂岩；火山岩岩石系列以钙碱性为主，碱性和拉斑系列次之；岩石组合为玄武岩－安山岩－英安岩。第三组为灰色－绿灰色砂岩、含砾砂岩、中酸性火山角砾岩、玄武岩、以及少量凝灰岩、安山岩、英安岩等。矿床分布于第二、三组的分界处。

矿区内只有海西早期的闪长玢岩和海西中期的斜长花岗斑岩浅成侵入体，均具较强铜矿化。闪长玢岩呈不规则状 NEE 向展布，出露面积大于 4km^2，岩体特征与企鹅山旋回中基性火山岩相似，属火山喷发末期浅成岩浆上侵产物。斜长花岗斑岩呈不规则状零星分布，出露面积大于 0.03km^2，岩体具有较强的孔雀石化，属偏碱性铝过饱和 I 型花岗岩，形成时代晚于闪长玢岩。

矿区为一轴向近 EW 的宽缓箱状复式背斜构造。由两个背斜和一个向斜组成，核部被含矿闪长玢岩体和花岗斑岩体占据，两翼依次为企鹅山群第一组细砂岩、凝灰岩和第二组玄武岩。断裂主要发育近 EW 向层间断裂带和 SN 向隐伏断裂带，二者的交汇部位控制着岩体和矿体的空间分布。

土屋矿床由一个主矿体（I 号）组成，主矿体产于灰绿色闪长玢岩和灰白色斜长花岗斑岩内。矿体在平面上呈脉状、透镜状或眼球状，平面上呈上窄下宽的“喇叭”形。矿体走向近 EW，向南倾斜，上盘产状缓，倾角 50－60°，下盘产状较陡，倾角 70－75°。矿体地表长 1100m，平均宽 19m，剖面上矿体平均厚 174m，斜深大于 600m。铜金属量 323 万吨，平均品位 0.58×10^{-2}。矿石中硫化物含量低，金属矿物主要有黄铜矿，次为斑铜矿和黄铁矿，含微量辉铜矿、篮辉铜矿及磁铁矿非金属矿物主要有石英、绢云母、绿泥石、黑云母及少量阳起石、绿帘石、黝帘石、方解石等；次生矿物为孔雀石、褐铁矿。含铜矿物主要为他形不规则粒状黄铜矿和斑铜矿。矿石为中－细粒半自形－他形粒状结构，细脉浸染状、细脉状和星点状－稀疏浸染状构造。有用组分除铜外，金、银含量较高，具有综合利用价值。

矿床围岩蚀变发育，分带明显，以矿体为中心向两侧依次为石英核（强石英－绢云母化带）、黑云母化带、石英－绢云母化带、泥化带、青盘岩化带。

土屋矿床西面的延东特大型斑岩铜矿床和土屋东大型斑岩铜矿床与土屋矿床具有相似的特征，铜资源量分别为 304 万吨（平均品位 0.24%）、75 万吨（平均品位 0.37%）。

从区域构造展布情况看，卡拉塔格铜金成矿带与康古尔塔格成矿带明显不一致，不属于小热泉子－土屋－赤湖成矿带，在空间上比土屋－赤湖偏北，可能是企鹅山—土屋—赤湖斑岩-浅成低温热液型铜金多金属成矿亚带向北的扩展。但从卡拉塔格成矿爆发时期来看，它与小热泉子－土屋－赤湖成矿带和康古尔塔格成矿带存在着内在必然的联系。

卡拉塔格成矿带与土屋铜矿带同属大南湖－头苏泉晚古生代岛弧带，在岩石组合、成岩时代、蚀变矿化、地球化学特征方面都较为相似。从成矿系列和矿床类型组合方面看，中－低温浅成热液矿床与斑岩型矿床在空间上互相伴生、互为表征。因此在浅成低温矿床分布区的相对隆起部位，要注意寻找斑岩型矿床，高硫化物型浅成低温矿床的深部可能就会转变为斑岩型矿床。同样地，在斑岩型矿床分布区的周边也可能会出现浅成低温热液矿床。区域地质、遥感、物探和化探成果资料表明，卡拉塔格一带具备形成与中酸性斑岩体有关的斑岩 CuAu 矿-与次火山岩有关的脉状 CuAuAg 多金属矿-浅成低温热液型 Au 矿的有利地质条件。

卡拉塔格铜金矿床是一个与晚古生代古火山活动有关的金铜矿床，区域上受北西西向的大草滩深大断裂的控制，火山岩化学成分高钠低钾，与土屋－延东成矿带含矿火山岩化学特征具可比性。出露的最老地层为下泥盆系基性－中性－中酸性火山岩（最新 1：250000 区调认为是奥陶－志留系），时代最新的古生代地层为二叠系酸性火山岩及火山碎屑岩。主要岩石类型为安山质玄武岩－安山岩－英安岩－流纹岩、凝灰质熔岩、辉长岩－闪长岩－花岗岩，其中以安山岩－英安岩－流纹岩分布最广。

根据地质填图和钻孔资料分析，卡拉塔格古生代火山-岩浆活动大致分为以下四期：

1、奥陶－志留纪的裂隙式火山喷发形成的玄武岩-安山岩－英安岩系列火山岩及火山碎屑岩，其化学成分相当于细碧岩-石英角斑岩组合，属于古岛弧构造环境下的海相火山喷发，为卡拉塔格地区铜金矿成矿作用提供物质来源。

2、石炭纪时期大面积的酸性花岗岩侵入，形成卡拉塔格南部近 100 平方千米的花岗岩岩基，由钙碱性－钙性系列的石英闪长岩－花岗闪长岩－二长花岗岩－花岗斑岩组成；

3、石炭纪－二叠纪中心式火山喷发形成的潜火山岩。喷发前期有少量陆地湖泊相流纹质含砾沉凝灰岩；中期形成分布于近地表的火山角砾岩和角砾凝灰熔

岩，以及流纹斑岩、石英斑岩等次火山岩，其中含有大量的火山热液成因的细粒黄铁矿；后期有石英闪长玢岩、闪长玢岩及黑云母花岗岩等岩脉的侵入。

4、二叠纪火山喷发形成的中基性火山（碎屑）岩，属陆相磨拉石建造，在拉张构造裂隙中充填有辉长岩体或岩脉。

卡拉塔格铜金成矿带铜金成矿作用与石炭纪－二叠纪的次火山岩-侵入岩有关，在空间上与北西向和北东向两组断裂的火山机构关系密切。铜金矿化的主要矿源层为基性－中基性火山岩（即早古生代细碧岩－石英角斑岩建造），赋矿层位集中于由流纹(斑)岩－熔结凝灰岩组成的火山机构的斜坡相、火山通道相及其围岩隐爆角砾岩相，以及与火山机构有关的次级构造破碎带中，含矿岩性为石英斑岩、火山角砾岩及角砾英安岩、角砾安山玄武岩。

卡拉塔格地区已发现的梅岭和红石铜金矿化区地表均具有典型的高硫化物型浅成低温热液型金矿的蚀变特征，以酸性火山岩的酸淋滤带蚀变体（黄钾铁矾－明矾石－高岭土－石膏）和中性斑岩体的绢云母化－硅化－绿泥石化为显著特征，远矿蚀变以青盘岩化和重晶石矿物为标志。大致呈现出浅部(200－300 米以上)高硫化物型浅成低温热液型金矿、深部(300－500 米以下)斑岩铜矿的成矿体系。

2.3 矿区地质特征

2.3.1 矿区基本地质特征

卡拉塔格位于头苏泉-大南湖古生代岛弧带的北段，是一个与古生代火山活动-岩浆侵入有关的铜金（锌）成矿带。矿带出露地层主要为奥陶-志留系卡拉塔格组(O-Sk)、下泥盆统大南湖组(D_1d)，南部有大面积分布的海西中晚期闪长岩-石英闪长岩-二长花岗岩-花岗斑岩复式侵入岩体。矿带南部大草滩断裂以南分布有下二叠统阿其克布拉克组(P_1a)、上二叠统大热泉子组(P_1d)、下侏罗统三工河组(J_1s)和下白垩统(K_1)。

矿区含矿建造为卡拉塔格组(O-Sk)基性-中性-酸性粗火山（碎屑）岩，为一套岛弧构造环境下形成的海相火山岩火山碎屑岩建造。根据火山岩组合、火山活动期次，卡拉塔格组大致分为三个岩性段：

第一岩性段($O-Sk_1$)为早期裂隙式火山喷发形成的玄武岩-安山玄武岩，矿区东部和东北部有少量分布，其化学成分相当于细碧岩组合；

第二岩性段($O-Sk_2$)以安山岩为主，少量安山玢岩、安山质英安岩及安山质火山碎屑岩，在矿区北部大面积分布，位于第一岩性段的下部；

第三岩性段(O-Sk_3)整合覆盖在第二岩性段之上，以英安岩、英安斑岩为主，（含）角砾凝灰熔岩发育，少量安山质英安岩和流纹岩，主要分布在矿区中部。

以上三个岩性段沿区域北西西向构造线展布，构成了卡拉塔格东部箱状向斜的核部，为前志留纪时期岛弧环境下裂隙式火山喷发形成的钠质火山岩及火山碎屑岩建造，即细碧岩-石英角斑岩建造。

卡拉塔格组基性一中基性火山岩为本区铜金矿化的主要矿源层，铜金成矿作用与卡拉塔格组第三岩性段的次火山岩-侵入岩有关，在空间上与火山机构关系密切。北北西向和近东向两组断裂控制了火山机构的分布。火山机构附近的火山角砾岩、硅化一伊利石化一绢云母化石英斑岩、英安斑岩和闪长玢岩为主要含矿岩性。赋矿层位集中于由流纹(斑)岩一熔结凝灰岩组成的火山机构的斜坡相、石英斑岩与基底岩系的接触带、NWW 向构造破碎带中。金矿化与次火山岩相一石英斑岩和热液活动形成的微细粒黄铁矿有关，铜矿化与石英斑岩及热液爆破角砾岩有关。与铜金矿化有关的围岩蚀变类型包括：硅化、硅化-绢云母化、硅化-伊利石化、黄铁矿化、褐铁矿化等。

2.3.2 矿化体特征

目前在卡拉塔格地区已经发现梅岭和红石两个铜金矿（化）区。

梅岭铜金矿区位于 Ap7 异常区，为一个受 NNW 向和近 EW 向两组断裂控制的菱形火山盆地，出露岩性主要为安山岩、英安（玢）岩、岩屑晶屑凝灰岩、凝灰质熔岩、流纹斑岩和海西早期侵位的花岗斑岩。根据地表矿化蚀变的分布范围，Ap7 区可以分为 Ap7W、Ap7N、Ap7E、Ap7S 等四个矿化中心，单个矿化中心地表分布面积为 1－3 平方千米。Ap7W 既为梅岭矿区。

梅岭矿区地表蚀变以酸性火山岩的酸淋滤带蚀变体（黄钾铁矾－明矾石－高岭土－石膏）和中性斑岩体的绢云母化－硅化为显著特征，远矿蚀变以青盘岩化和重晶石矿物为标志，深部矿化异常体都具有低阻、中高极化的特征。铜金矿化带受 F3、F4、F5 等几组北西西向断裂控制，以 F3 断裂为界，梅岭矿区分为南、北两条铜金矿化蚀变亚带。

南蚀变亚带控制长度 700 米，宽 100 米，主要岩性为黄钾铁矾化－硅化石英斑岩及流纹斑岩，次为硅化－绢云母化－褐铁矿化－绿泥石化闪长玢岩。

北蚀变带控制长度 750 米，宽 200－250 米，主要岩性为硅化－绢云母化－褐铁矿化－绿泥石化闪长玢岩，次为黄钾铁矾化－硅化石英斑岩。

地表圈定出3个蚀变闪长玢岩体，其中有2个较大的岩体分布在北蚀变带中，岩体发生强烈的硅化－绢云母化－褐铁矿化－绿泥石化。蚀变闪长玢岩体的 Cu 含量为 1353－>2000ppm、Au 含量为 18－2551ppb。

在北矿化蚀变带中新发现 10 余米宽的金矿化体，刻槽样分析金品位 0.34-3.03g/T，平均 1.08g/T，含矿围岩为石英细网脉发育的石英斑岩和流纹斑岩。

南矿化蚀变带取得明显的找矿效果，施工的钻孔 ZK001 终孔 378.78 米，穿过酸性火山通道相与基性火山岩围岩的接触带，见多处铜矿体，详见表 2-2。

Ap7E 区已发现红石铜金矿化体，红石矿区的矿化体特征与梅岭矿区类似.

根据矿区赋矿岩性的不同，卡拉塔格成矿带矿化类型可分为三类(表 2-3)：

Ⅰ、与闪长玢岩小岩枝有关的浸染状－细脉状铜（金）矿体；

Ⅱ、与酸性火山热液角砾岩有关的细脉－浸染状铜矿体、金矿体、铜(金)矿体；

Ⅲ、产于英安岩、安山岩、安山玄武岩等中酸性、中基性火山岩中的细脉状铜矿体、铜锌矿体、锌矿体。

表 2-2 梅岭铜金矿区钻孔 ZK001 见矿情况简表

钻孔编号	矿体编号	见矿深度(米)	穿矿厚度	Cu 品位(%)
ZK001	Ⅱ－1	53.62-74.43	20.81	0.627
	Ⅱ－1	78.00-82.86	4.86	0.609
	Ⅱ－1	88.55-89.84	1.29	0.209
	Ⅰ－2	123.77-124.64	0.87	3.980
	Ⅱ－2	159.44-167.00	7.56	0.205
	Ⅲ	225.98-234.32	8.34	0.389
	Ⅳ－1	269.18-271.20	2.02	0.232
	Ⅳ－1	278.88-281.05	2.17	0.252
	Ⅳ－1	284.37-286.61	2.24	0.311
	Ⅳ－2	309.95-311.09	1.14	0.200
	Ⅳ－3	348.33-349.49	1.16	0.236

表 2-3 卡拉塔格地区铜金矿化体分类表

矿化类型	矿种	赋矿岩性	矿石类型
Ⅰ	Cu(Au)	闪长玢岩	浸染-细脉状
Ⅱ	Cu、Au、Cu(Au)	火山热液角砾岩	细脉-浸染状

III	Cu、Zn、CuZn	英安岩、安山岩、安山玄武岩	细脉状

根据梅岭和红石铜金矿区含矿岩性及矿石类型，卡拉塔格地区铜金矿床的矿化类型为细脉状-浸染状，大多为黄铁矿-黄铜矿-石英脉，偶见黄铜矿杏仁体。与铜金矿化有关的蚀变类型包括：硅化、硅化-绢云母化、硅化-伊利石化、黄铁矿化、褐铁矿化等。含矿围岩为火山角砾岩、石英闪长玢岩、角砾英安岩、安山岩等，围岩蚀变主要为硅化、绢云母化、绿泥石化、青磐岩化、孔雀石化。

第 3 章 地球物理参数特征研究

3.1 区域地球物理参数特征

3.1.1 区域地层密度和磁性特征

3.1.1.1 区域地层密度

表 3-1 岩石密度和地层密度统计表　　单位 $10^3kg/m^3$

岩石密度					地层密度		
岩性 \ 参数			变化范围	平均值	地层时代 \ 参数	平均值	密度界面
沉积岩	粉砂岩		1.92~2.00	2.00	第四系 Q	1.77	0.34
	砂岩		2.56~2.62	2.60			
	硅质岩		2.67	2.67	第三系 R	2.11	0.51
	凝灰质砂岩		2.68~2.69	2.68			
	灰岩		2.66~2.67	2.66	侏罗系 J	2.61	0.05~0.10
岩浆岩	火山岩	凝灰岩	2.69~2.71	2.70			
		火山角砾岩	2.73~2.74	2.73	二叠系 P_2	2.66	
					P_1	2.71	
		安山岩	2.74~2.83	2.78	石炭系 C3	2.68	
	侵入岩	超基性岩	2.92~2.98	2.95	C_{2-3}	2.67	
		辉长岩	2.88~2.95	2.93	C_1y	2.70	
		闪长岩	2.79~2.83	2.81	C_1g	2.70	
		花岗闪长岩	2.70~2.76	2.73	D_3	2.68	
		花岗岩	2.62~2.63	2.62	泥盆系 D_2	2.71	
		石英脉	2.63~2.67	2.66	D_1	2.71	
变质岩	片岩		2.63~2.66	2.65	志留系 S	2.69	
	变质砂岩		2.64~2.70	2.68			
	矽卡岩		2.86	2.86	元古界 (Z~Pt)	2.71	
	石英岩		2.64~2.65	2.65			

	角岩	2.79~2.84	2.82		
	大理岩	2.79~2.80	2.79		
	板岩	2.64~2.66	2.65		
	蚀变凝灰岩	2.84~2.90	2.87		

从岩石密度和地层密度统计表 3-1 可见：

（1）沉积岩类整体具有中低密度值，并具有一定变化范围，粉砂岩是密度最低的岩石，平均密度 $2.00\times10^3kg/m^3$；砂岩密度值 $2.60\times10^3kg/m^3$，稍高于粉砂岩；灰岩、硅质岩、凝灰质砂岩密度值在 $2.67\times10^3kg/m^3$ 左右，具中等密度。

（2）岩浆岩一般具有中低一中高的密度值，且随着基性程度的提高密度值相应增大，并具有喷出岩一浅成岩一深成岩密度值增大的特点。统计数据表明，中基性岩和超基性岩密度较高，属于高密度岩类，密度值一般在 $2.81\times10^3kg/m^3\sim2.95\times10^3kg/m^3$ 之间；花岗岩平均密度为 $2.62\times10^3kg/m^3$；火山碎屑岩大多具中等密度，一般为 $2.70\times10^3kg/m^3$。

（3）变质岩类密度一般与变质程度、原岩性质有关。随着变质程度的提高，密度相应增大，原岩密度较大者，其变质岩密度相应较大。从表 1 数据可见，该区变质岩一般具中高密度值，其中矽卡岩、角岩、大理岩、蚀变凝灰岩密度值一般在 $2.79\times10^3kg/m^3\sim2.87\times10^3kg/m^3$ 之间，属高密度；片岩、石英岩、板岩具中等密度。

（4）从地层密度分析，随着地层从新到老，密度值逐渐增大，并存在中新生界、前中生界两个明显的构造层。新生界、中生界具有较低的密度值，属低密度构造层；古生代各系、前寒武系地层之间具一定的密度差异，但密度差较小，只能作为一个总的密度层。

（5）综合分析可见，区内第四系与第三系、第三系与侏罗系、侏罗系与二叠系间均存在较显著的密度差异，可形成密度界面。因此，全区可划分 4 个密度层，3 个密度界面。根据有关地质、物探资料，中新生界在区内分布局限，厚度不大，不构成区域性密度界面。古生界、前古生界分布广、厚度大，是区内主要构造层和密度界面，其起伏变化和接触关系是区域重力场变化的基本原因。

3.1.1.2 区域磁性特征

表 3-2 岩石磁性统计表

岩石名称	κ ($10^{-6}4\pi$ SI)		Jr(10^{-3}A/m)	
	变化范围	平均值	变化范围	平均值

砂岩	0	0	0	0
硅质岩	0	0	0	0
灰岩	0	0	0	0
凝灰岩	0～979*	231	0～747	77
含磁铁矿凝灰岩	347～40141	3996	93～32441	3052
安山岩	0～8832	1943	0～32391	943
蚀变安山岩	0～5119	1789	0～32441	1482
石英斑岩	0	0	0	0
玄武岩	0～7560	2100	0～10920	460
花岗斑岩	0～1136	581	0～1992	607
橄榄石	0～627	549	2391～3266	2789
辉长石	0～70000	2930	0～48500	1880
闪长岩	0～6710	4971	0～1268	678
花岗闪长岩	0～9700	2300	0～1700	850
花岗岩	0～8300	530	0～1100	160
斜长角闪岩	0～1852	1740	313～314	314
片岩	0～660	0	0～600	0
大理岩	0	0	0	0
角闪片岩	0～7300	180	0～1200	240

*参数统计平均值不包括无磁性标本

从岩石磁性统计表 3-2 可归纳以下磁性特征：

（1）正常沉积的碎屑岩、碳酸岩和大部分变质岩类一般呈无磁性～弱磁性。统计数据显示，砂岩、灰岩、片岩、大理岩、硅质岩等 κ 值、Jr 值均为零；个别变质岩类具有比较强的磁性，但差异变化较大，如角闪片岩，磁化率变化范围在 $0\sim7300\times10^{-6}4\pi$ SI。

（2）岩浆岩类磁性一般是随着岩石基性程度提高磁性增强，且火山岩类的磁性变化范围及不稳定性强于同类侵入岩。统计资料表明，区内酸性侵入岩大多具较低的磁性，磁化率平均值在 $530\times10^{-6}4\pi$ SI，可引起强度不高的磁异常；中基性侵入岩磁性较强，磁化率在（$10^{3}\sim n\times10^{3}$）$\times10^{-6}4\pi$ SI 之间，可引起强度较高的磁异常；超基性岩类总体具强磁性特征，地表由于表生作用使得蚀变为蛇纹石化和破碎，磁性减弱。中性－基性火山岩大多具强的磁性，安山岩磁化率为 $1943\times10^{-6}4\pi$ SI，玄武岩磁化率为 $2100\times10^{-6}4\pi$ SI。火山碎屑岩的磁性随碎屑性质和成分比例而变化，一般具较大的变化范围，大多表现为中低磁性，局部显

示中强磁性。

（3）磁铁矿具强磁性，可达数万×$10^{-6}4\pi$ SI。一些含磁铁矿的岩石如矽卡岩等视磁铁矿含量具中低-强磁性。

综上可见，区内不同的岩石具有不同的磁性特征，因此，可利用地层、岩浆岩的岩石组合研究地层的岩石特征，通过研究磁异常特征可研究地层、岩浆岩的接触关系和空间分布。

3.1.2 区域重力场特征

从新疆1:250万区域重力场图上，可以清晰地划分出特征明显的东天山异常区，范围包括博格达—哈尔里克、吐—哈盆地以及觉罗塔格、北山、库鲁克塔格的广大区域。该区宏观上展示为区域性的布格重力高值区，平均布格重力值-140×10^{-5}m/s^2，与新疆西部的西南天山平均-240×10^{-5} m/s^2的重力低值区形成强烈的对比，其间以乌鲁木齐—库尔勒复杂重力梯度异常带为界，显示出东天山为上地幔隆起区以及地壳结构和地层建造的特异性重力场特征。

东天山重力异常区以规模宏大的吐—哈南缘重力梯度带为界，呈现出南北差异的重力场特征，梯度带北侧以线性异常和条带状异常为多，梯度带南侧以块状异常和团块状异常为主，反映出分属哈萨克斯坦—准噶尔板块和塔里木板块不同的基底构造—上层建造特征以及吐—哈盆地南缘超岩石圈断裂的构造划分意义。以-150×10^{-5} m/s^2，重力等值线可在区域内圈出康古尔塔格、库鲁克塔格和穹塔格三处重力高异常块、最高重力值达-95×10^{-5} m/s^2，是地壳局部隆起以及中基性建造的表现。以规模重力梯度带界线场，以重力场特征为标志，区内可划分为乌鲁木齐—木垒重力低带、将军庙—奇台重力高带、巴里坤重力低区、七角井—沙尔乔克重力高带、吐—哈重力低带、星星峡重力低带、磁海北重力高带、罗布泊重力高带等重力异常区带，分别反映出所代表的不同地质背景。

3.1.3 区域磁场特征

东天山地区在区域磁场图上呈现出既复杂多变又有一定规律的磁场特征。宏观上磁异常多数呈线状和带状连续分布，局部出现团块状高磁或低磁异常块。主体展布为近东西向，部分区间趋向北东或北西延伸，磁场一般在-200～400nT之间变化。个别局部异常达千余纳特。区域磁场特征明显有南北区差异，吐—哈盆地及其以北，磁异常以块状分布较多，以南则呈现带状异常相间分布的面貌，其间以吐—哈南缘高磁异常带为明显分界。总体磁场南高北低，揭示出南北区地层建造特征的区域性差异。

根据磁场宏观特征和分布特点，区内具有以下特征性区带：吐—哈南缘高背

景上的变化正磁异常带，库鲁克塔格—阿齐山正、负变化异常磁异常带、罗布泊北宽缓升高磁场区，觉罗塔格—北山低负磁背景上的杂乱变化磁场区、博格达—巴里坤低负磁场区、将军庙—木垒复杂变化磁场区等，反映了不同区间的地质构造和建造特征，主要的高磁异常及其区带与中基性岩浆分布关系密切。

3.2 矿区地球物理参数特征

3.2.1 矿区磁性特征

表 3-3 矿区磁性统计表

岩石名称	κ ($10^{-6}4\pi$ SI)		Jr(10^{-3}A/m)
	变化范围	平均值	备注
玄武岩	60～8620	746	由于该地区的铜金矿即将才开采，没有巷道，因而没有采集定向标本
英安岩	26～644	26	
凝灰质角砾岩	6-87	47	
安山岩	26-139	68	
熔结凝灰岩	16-89	43	
蚀变安山岩	21-72	53	
含角砾英安岩	17-64	40	
含角砾安山岩	32-183	62	

用磁化率仪在矿区钻孔的岩芯中测定磁化率（表 3-3）显示：与区域磁性相比，磁化率变小了，玄武岩的磁化率有很大的变化范围蚀变强，其它岩性的磁化率变化范围小，说明矿区岩石蚀变强，为后面的高精度磁测解释提供依据。

3.2.2 矿区电性特征

表 3-4 岩（矿）石电性特征统计表

岩（矿）石名称	块数	Fs（%）			Ps（Ω·m）		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
火山角砾岩	6	22.43	1.4	7.58	9322	62	2707
角砾熔岩	28	18.2	0.3	4.02	14965	462	5754
流纹斑岩	18.	14.2	0.2	3.80	11117	316	4342

石英斑岩	13	5.6	0.2	2.30	49550	868	14345
凝灰岩	7	12.46	1	3.82	18489	2752	7478
英安岩	27	15.95	0.3	2.98	16575	672	5258
英安玢岩	1			2.14			11064
英安斑岩	9	0	4.2	1.78	10790	1771	5563
安山岩	11	8.6	0.8	2.88	41518	465	8092
安山玢岩	1			1.07			6667
玄武岩	18	3.1	0.5	1.30	30917	460	6101
闪长岩	2	2.3	2.3	2.30	4871	4734	4802
闪长玢岩	12	1.7	0.7	1.08	7687	1942	3560
蚀变岩	6	21.21	1.2	7.21	17098	553	4886
黄铁矿化流纹斑岩	6	14.3	2.7	7.73	3230	1605	2420
矿化英安岩	8	21.47	1.8	8.78	6423	2549	4073
含黄铜矿（Cp）熔岩	1			5.7			2818
含黄铜矿（Cp）角砾岩	7	63.12	3.87	18.85	5537	138	2272
黄铜矿一磁铁矿（Cp-Ep）矿化玄武岩	5	32.56	5.75	16.63	21327	6867	14316
块状黄铁矿	9	54	3.7	23.56	4446	5	1635

标 3-5 岩类电性特征统计表

岩（矿）石名称	块数	Fs（%）			Ps（Ω·m）		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
火山角砾岩类	6	22.43	1.40	7.58	9322	62	2707
(流纹.石英)斑岩类	31	14.20	0.20	3.17	49550	316	8537
角砾熔岩类	28	18.2	0.3	4.02	14965	462	5754
熔结凝灰岩类	7	12.5	1.0	3.82	18489	2752	7478
英安岩类	37	15.95	0.1	2.67	16575	672	5489
安山岩类	12	8.6	0.8	2.73	41518	465	7973
玄武岩类	18	3.1	1	1.43	30917	460	6101
闪长岩类	14	2.30	0.70	1.25	7687	1942	3737
黄铁矿一黄铜矿（Py-Cp）矿化体	42	63.12	1.21	14.00	21328	5	4963

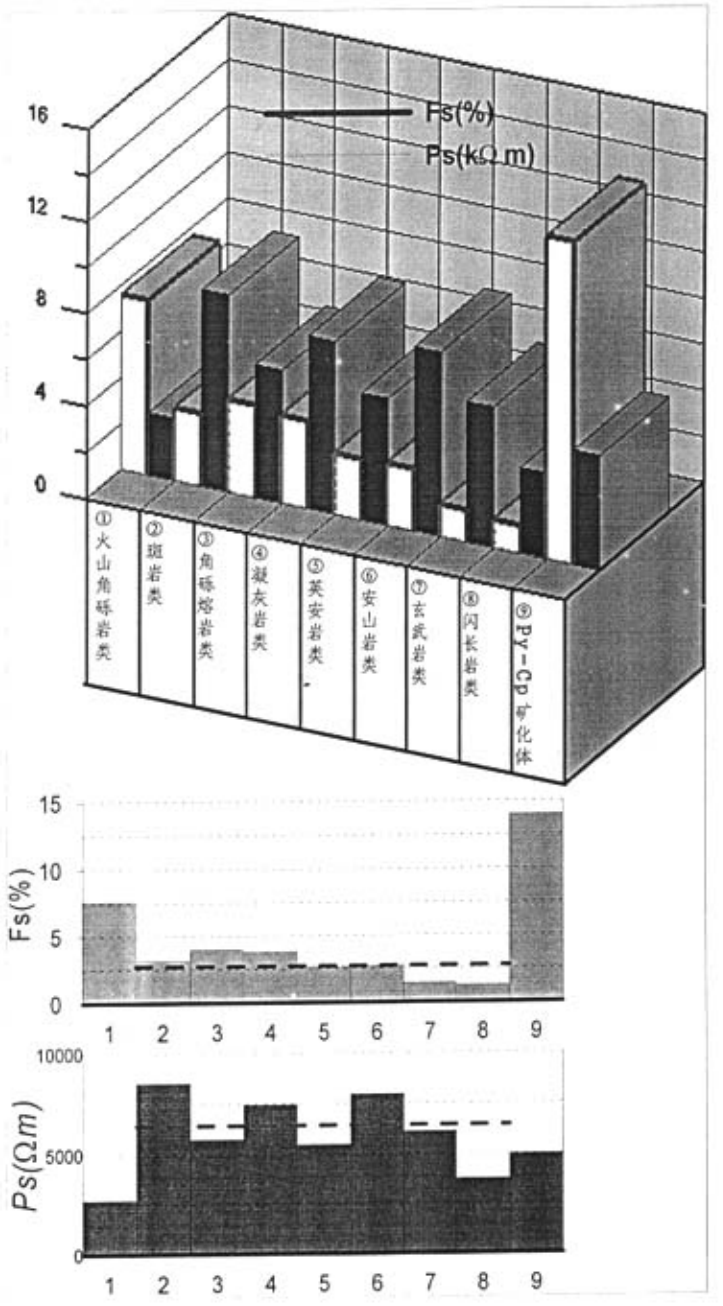


图 3-1 岩类物性参数柱状图

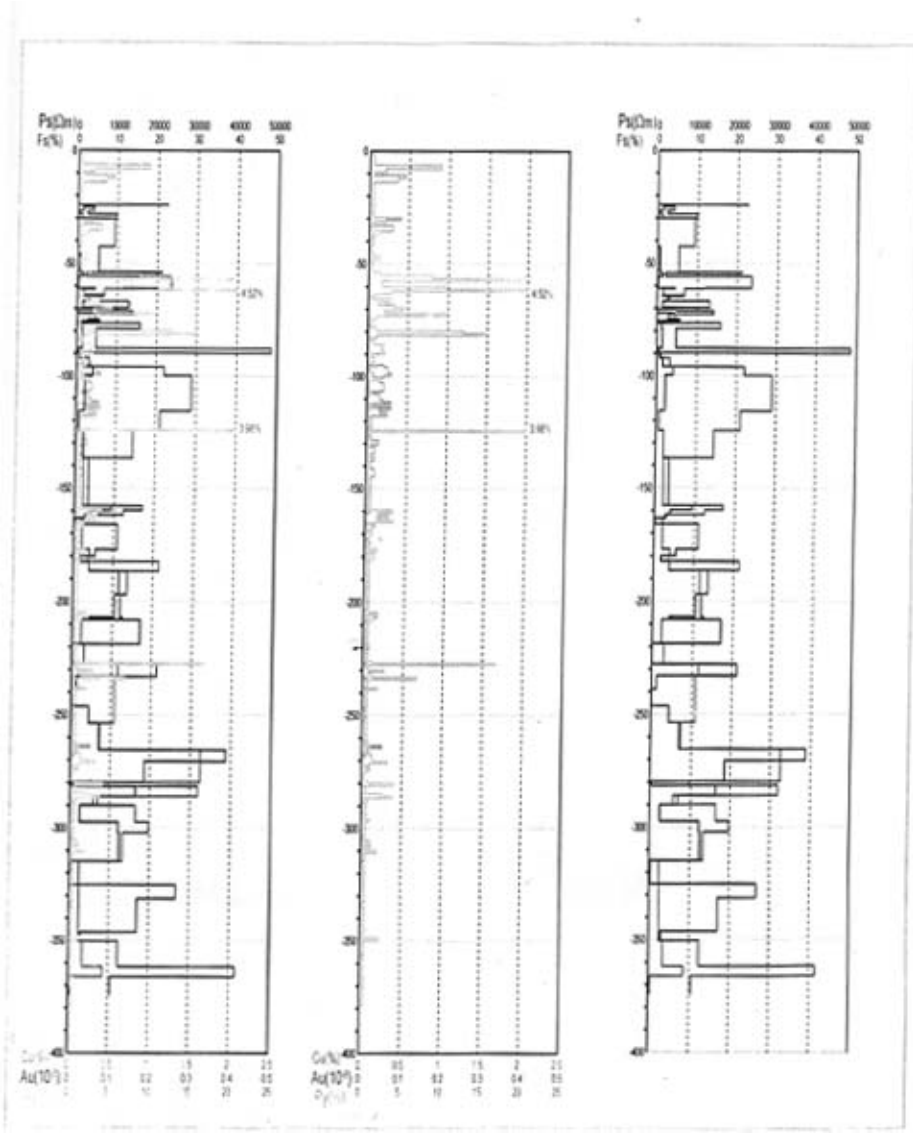
从岩（矿）石电性统计表 3-4、表 3-5 可见：

岩石电阻率以石英斑岩最高，电阻率平均值在 14345Ω·m 左右；英安玢岩次之，电阻率平均值在 11064Ω·m 左右；火山角砾岩最低，电阻率平均值在 2707Ω m 左右；其他岩石电阻率差异不大电阻率平均值在 3560Ω·m～8092Ω·m 之间变化。岩石幅频率以火山角砾岩最高，幅频率平均值在 7.58%左右；角砾熔岩、流纹斑岩、玄武岩次之，幅频率平均值分别在 4.02%、3.80%、3.82%左右；其他岩石幅频率平均值在 1.07%～2.98%之间变化。火山角砾岩的低阻高极化、石英斑岩的高阻低极化特征最为明显。矿化岩石幅频率明显升高、电阻率明显降低。从岩矿石分类上看除火山角砾岩类、Py-Cp 矿化体呈低阻高极化特征外，其他岩类基本呈高阻低极化特征，幅频率平均值约在 2.5%左右、电阻率平均值约在 6500Ω·m

3.3 地球物理直接和间接找矿标志

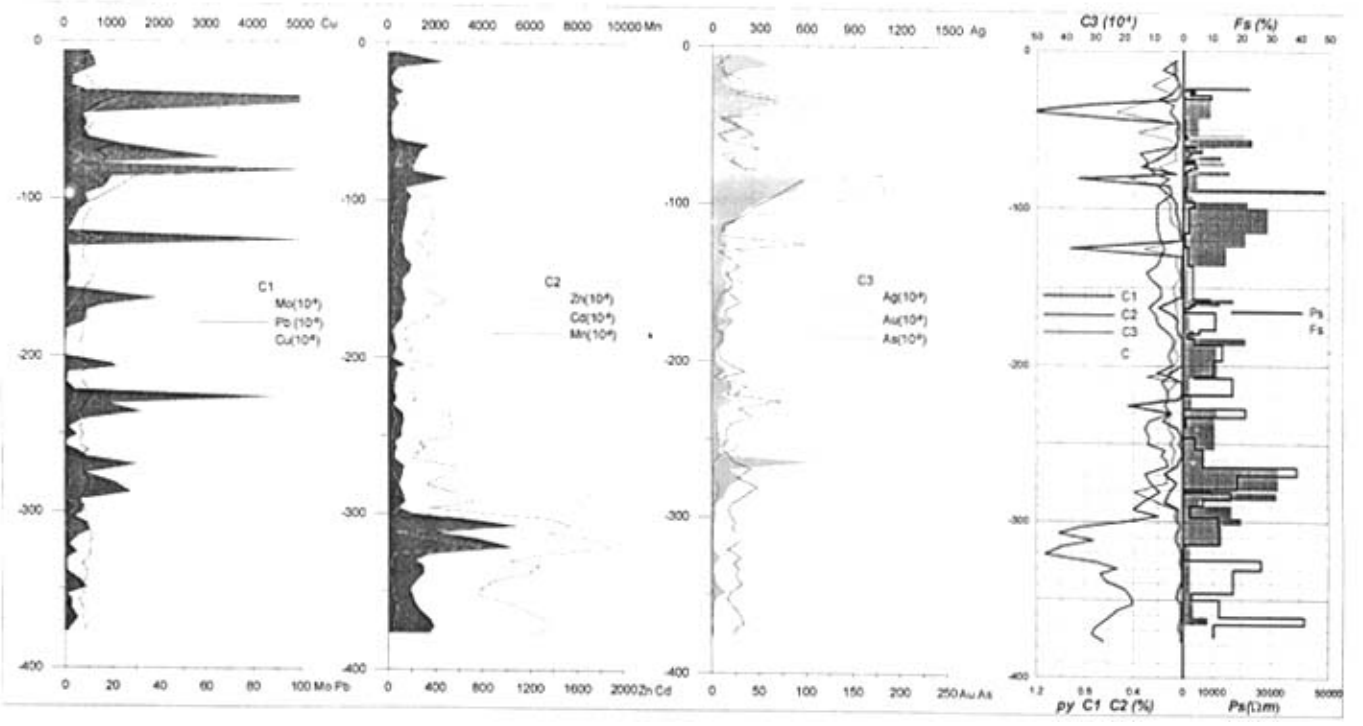
] 通过上面区域和矿区地球物理参数特征显示：卡拉塔格地区的岩（矿）石的物性有一定的差异，具备地球物理方法找矿的前提条件。

根据矿区岩芯标本的测试，岩（矿）石的幅频率和视电阻率主要与岩（矿）石的硫化物含量有关。对比 ZK001 孔岩芯化学分析物性参数、钻孔岩芯原生晕和电性参数，电性参数低阻高幅频率主要对应于以黄铁矿为主的硫化物(图 3-2、图 3-3)。钻孔岩芯原生晕显示的以铜矿化为主的 Cu-Mo-Pb 组合、以金矿化为主的 Au-As-Ag 组合及以锌矿化为主的 Zn-Mn-Cd 组合等三组元素异常组合均与黄铁矿有一定的正相关关系，因而黄铁矿化可作为铜金矿、锌铜矿的间接指示目标，可利用以幅频率、电阻率差异为前提的电法勘探方法圈定黄铁矿化范围进行间接找矿，当铜金矿化、锌铜矿化达到一定规模时并可直接找矿。



*Py（%）为黄铁矿的含量

图 3-2 ZK001 孔岩芯化学分析物性参数柱状图



C1-铜矿化为主的 Cu-Mo-Pb 组合　　C2-锌矿化为主的 Zn-Mn-Cd 组合　　C3-金矿化为主的 Au-As-Ag 组合　　C-以黄铁矿为主的硫化物

图 3-3　ZK001 孔原生晕和电性参数综合柱状图

第4章 地球物理异常特征及找矿方法研究

前一章研究新疆卡拉塔格地区的地球物理参数特征，建立黄铁矿化可作为铜金矿、锌铜矿的间接指示目标，用以幅频率、电阻率差异为前提的电法勘探方法圈定黄铁矿化范围进行间接找矿。本章遵循从已知到未知的原则选择地球物理试验方法，重点是资料的综合处理和对比解释研究异常特征来指导找矿，再借助地质资料探讨找矿效果，最后对找矿方法进行总结。

4.1 高精度磁测平面异常特征

由于在本地区做的物探工作少，首先研究该地区的磁性特征选择高精度磁测。高精度磁测是物探方法中应用最早、理论最成熟、效率最高、成本最低的方法之一，也是目前在矿产勘查中应用最多的一种方法，是一项基础性的地球物理勘查工作。

本次高精度磁测方法试验在梅岭地区（已经发现的梅岭和红石矿区及外围），面积 30km^2，1：10000 的测网 100m×40m，共 51 条线，每条线长度为 6km。通过处理得到的磁力△T 异常平剖图(图 4-1)、异常平面图(图 4-2)显示：该地区磁性不均匀、变化大，曲线具锯齿状剧烈跳动,具有明显的火山岩地区磁场分布基本特征。经过滤波 、拓边、 网格化、分量转换、化极后磁异常变得直观明显化(图 4-3)。由于篇幅有限，本文的图为示意图。

结合地质资料,由磁力化极异常平面图（图 4-3）可知:磁法平面大致分为五部分，该平面图的左上角为串珠状环形异常带—与环形构造充填闪长岩脉有关的环形火山机构；左下角为中高磁异常区—与中性-偏基性的花岗岩分布有关的出露岩体；右上角为强磁异常区—与超基性的辉长岩-玄武岩有关的隐伏岩体；右下角为杂乱的中高磁异常区—与沿构造分布的凝灰熔岩以及花岗岩英安岩分布有关；中部为相对平静的低磁区—与矿化蚀变有关，发现的梅岭和红石矿区正处于相对平静的低磁蚀变带。

为划分构造格局、圈定岩体范围及空间分布特征、结合地质成矿理论确定找矿有利部位，下面对磁法资料进行各种处理。

为了突出区域和局部异常,采用了正交多项式曲面拟合法,即采用可以自动选择不同方向不同阶次的正交多项式对观测资料进行曲面拟合，以此来求取区域场(图 4-4)和局部场(图 4-5)。

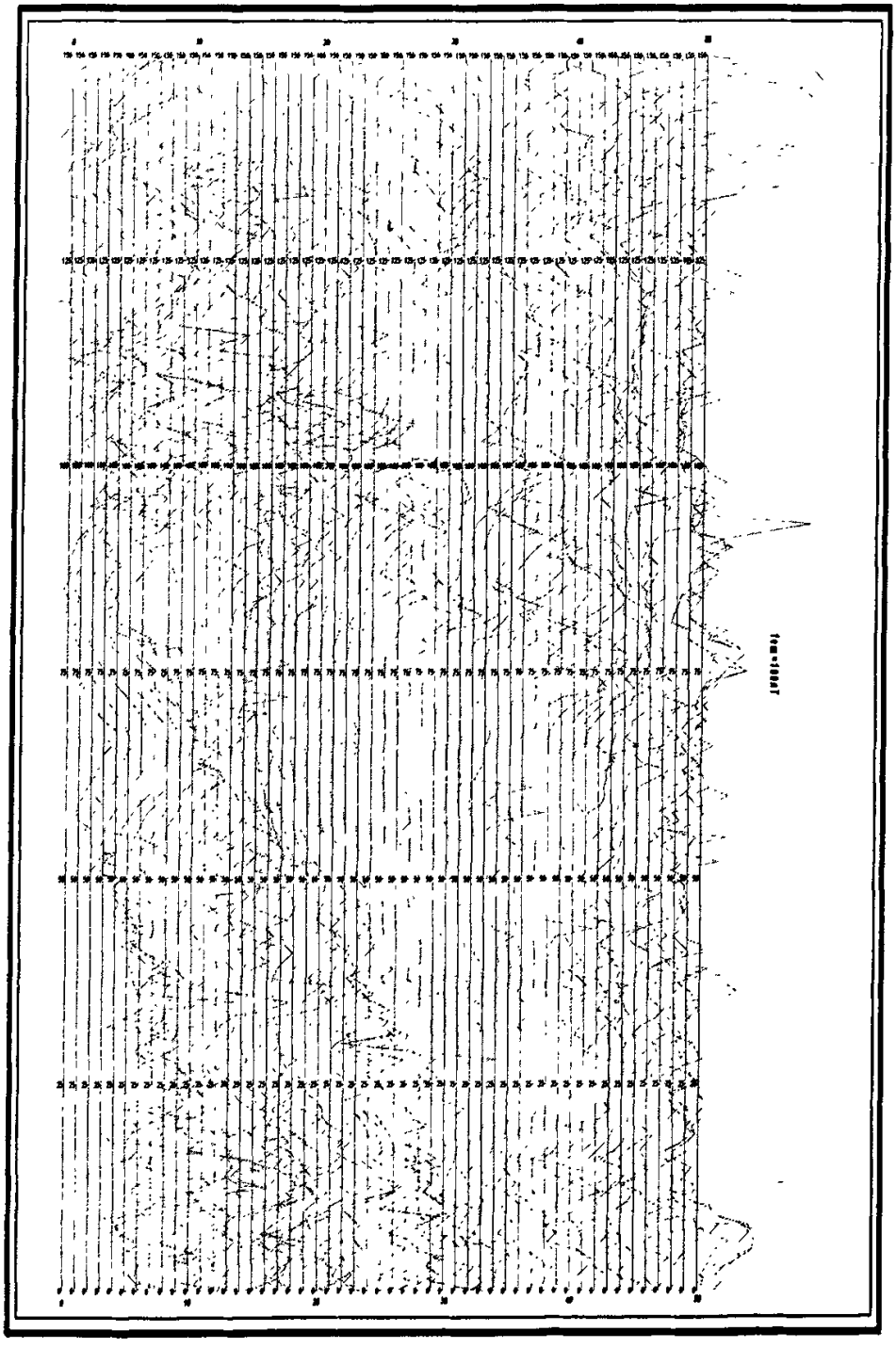


图 4-1 卡拉塔格梅岭地区磁力ΔT异常平剖图

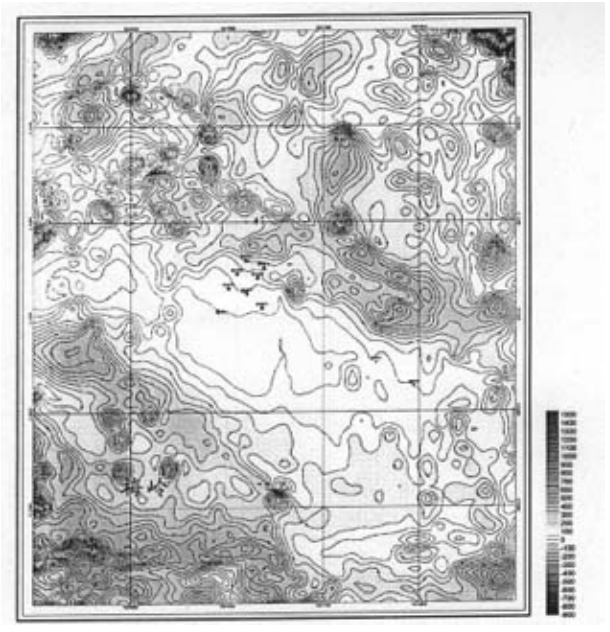


图4-2 卡拉塔格梅岭地区磁力ΔT异常平面图

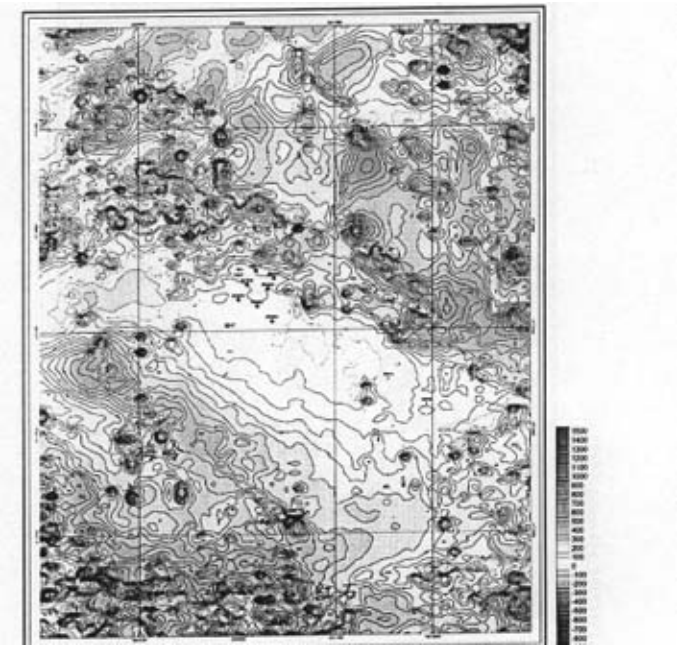


图4-3 卡拉塔格梅岭地区磁力化极异常平面图

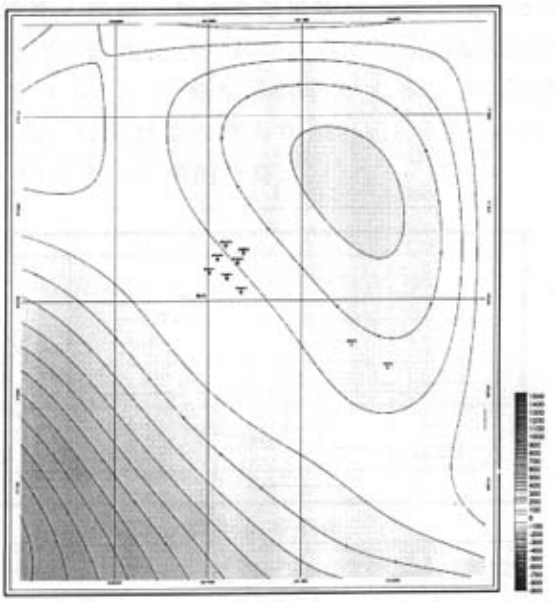


图 4-4 卡拉塔格梅岭地区磁力化极区域场异常平面图

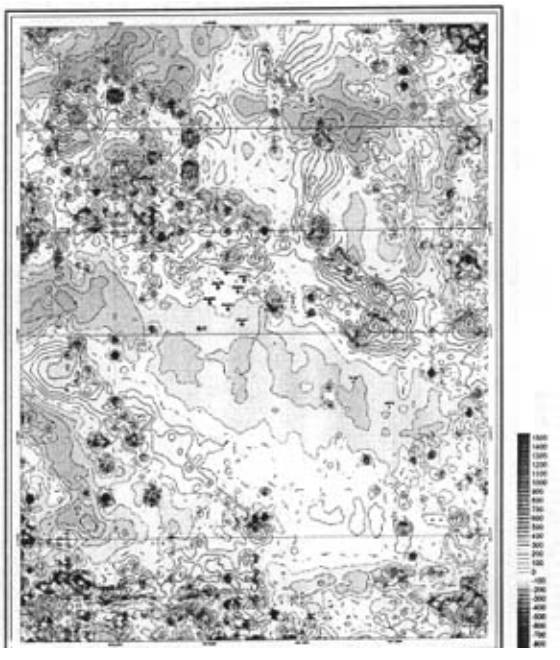


图 4-5 卡拉塔格梅岭地区磁力化极局部场异常平面图

根据维纳滤波原理，构制匹配滤波器来实现深源与浅源地质体位场的分离，运用可视化技术画出功率谱曲线不同斜率，自动形成匹配滤波因子。

由功率谱图（图 4-6）可见:低频段斜率为-0.85；中高频段斜率为-0.06；深源场似深度为 0.42km;浅源场似深度为 0.032km;B/b 为 0.015，实现深源场(图 4-7)与浅源场(图 4-8)地质体位场的分离。

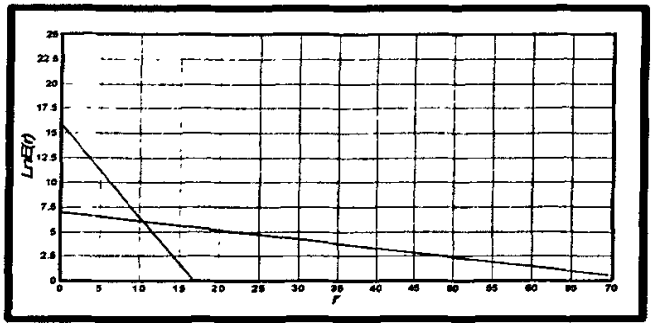


图 4-6 功率谱

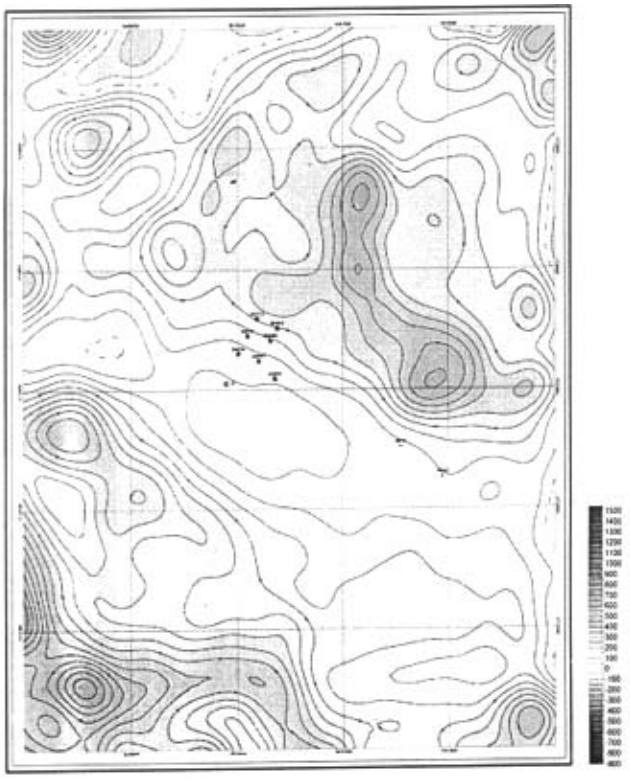


图 4-7 卡拉塔格梅岭地区磁力化极深源场异常平面图

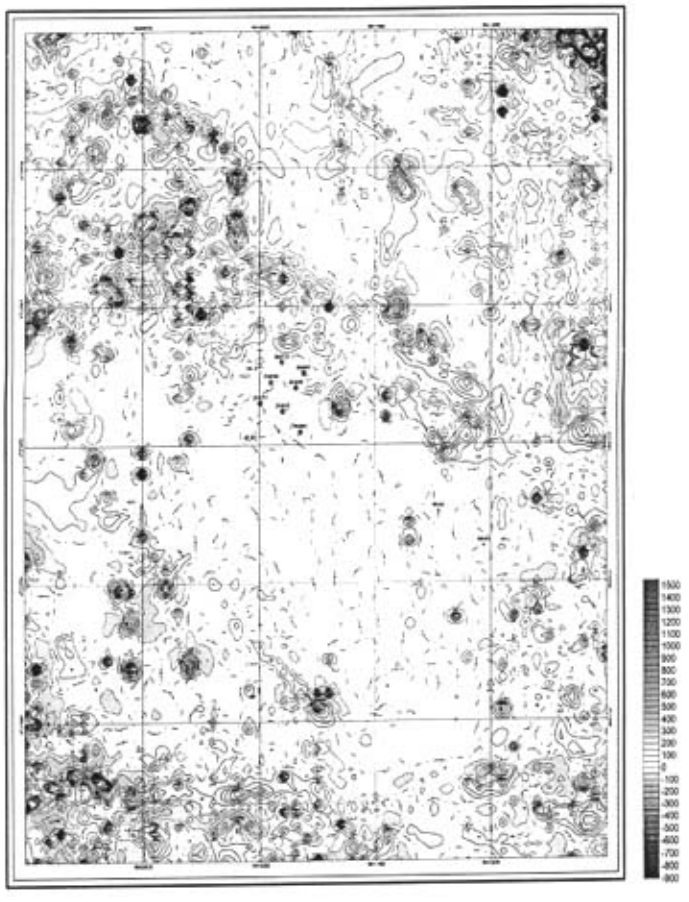
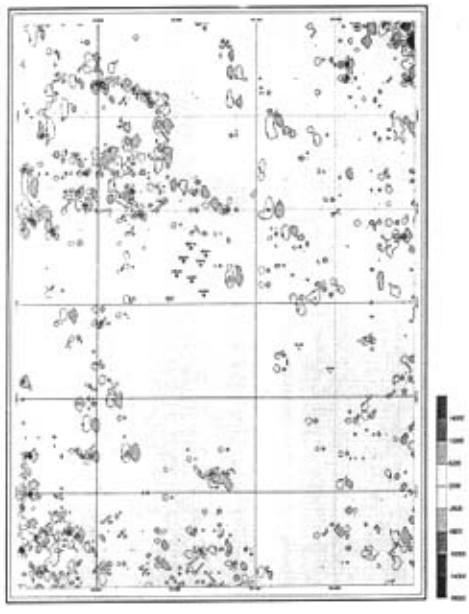
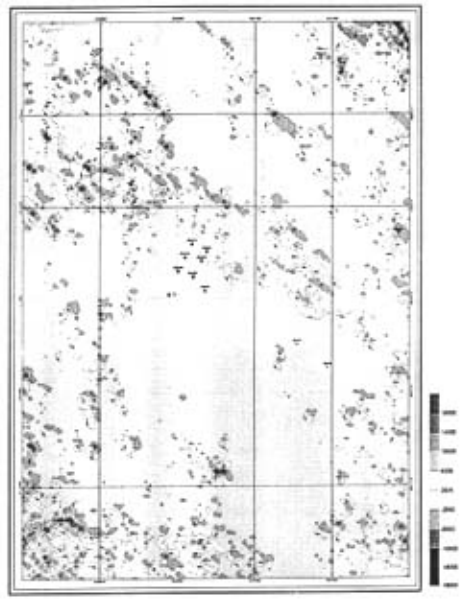


图 4-8 卡拉塔格梅岭地区磁力化极浅源场异常平面图

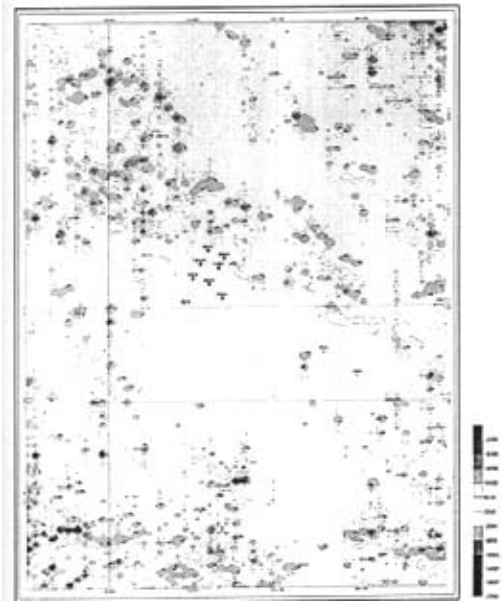
为了突出浅源（局部）异常，采用了一阶水平导数 0°、45°、90°、135°（图 4-9），这样反映了垂直各自一阶水平倒数方向的异常，区分叠加异常，消除或削减背景场。由一阶垂直方向导数、二阶水平沿 X，Y 方向、垂直方向导数异常平面图（图 4-10）：二阶的零值线大致与异常体的边界对应，这样确定异常体的边界，从而划分了局部异常（浅源场）地质构造（图 4-11），梅岭和红石矿区受断裂构造控制。



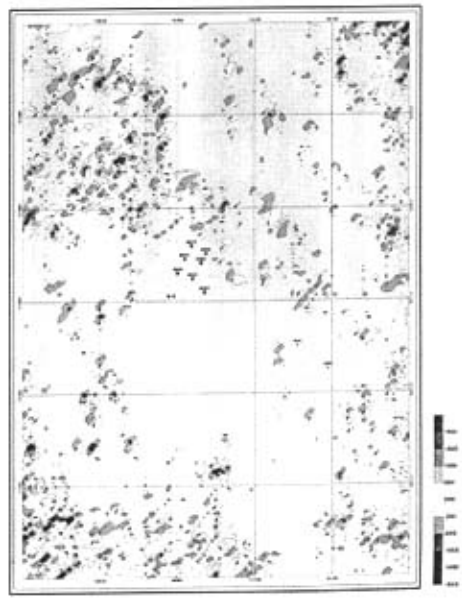
(a)一阶水平 0° 方向导数



(b) 一阶水平 45° 方向导数



(c) 一阶水平 90° 方向导数

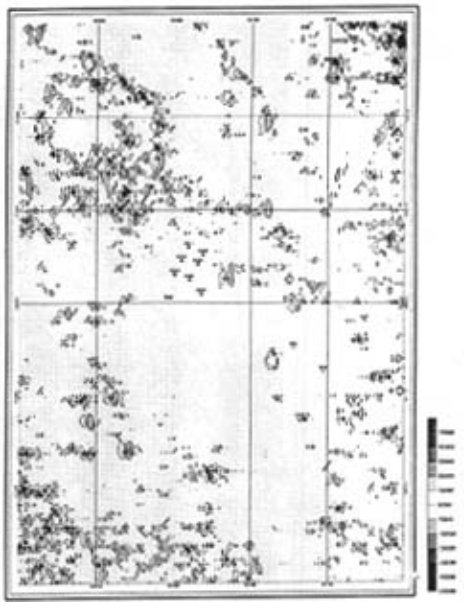


(d) 一阶水平 135° 方向导数

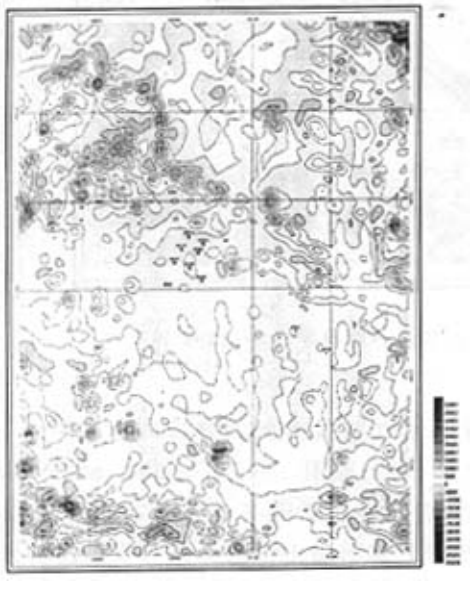
图 4-9 梅岭地区磁力化极一阶水平 0° 45° 90° 135° 方向导数异常平面图



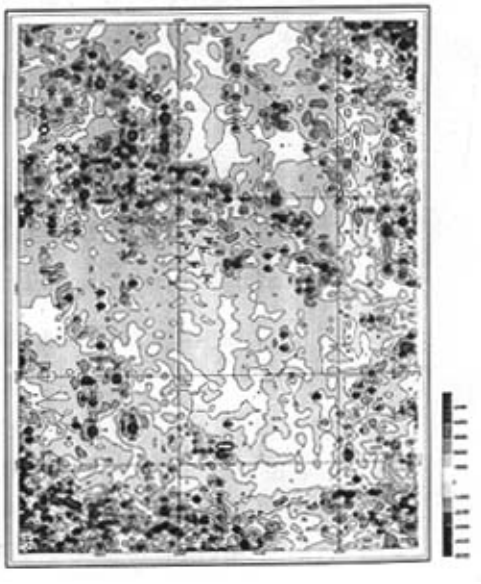
(a)一阶垂直方向导数异常平面图



(b)二阶水平沿 X 方向导数异常平面图



(c)二阶水平沿 Y 方向导数异常平面图



(d)二阶垂直导数异常平面图

图 4-10 磁力化极一阶垂直方向导数；二阶水平沿 X、 Y、垂直方向导数异常平面图

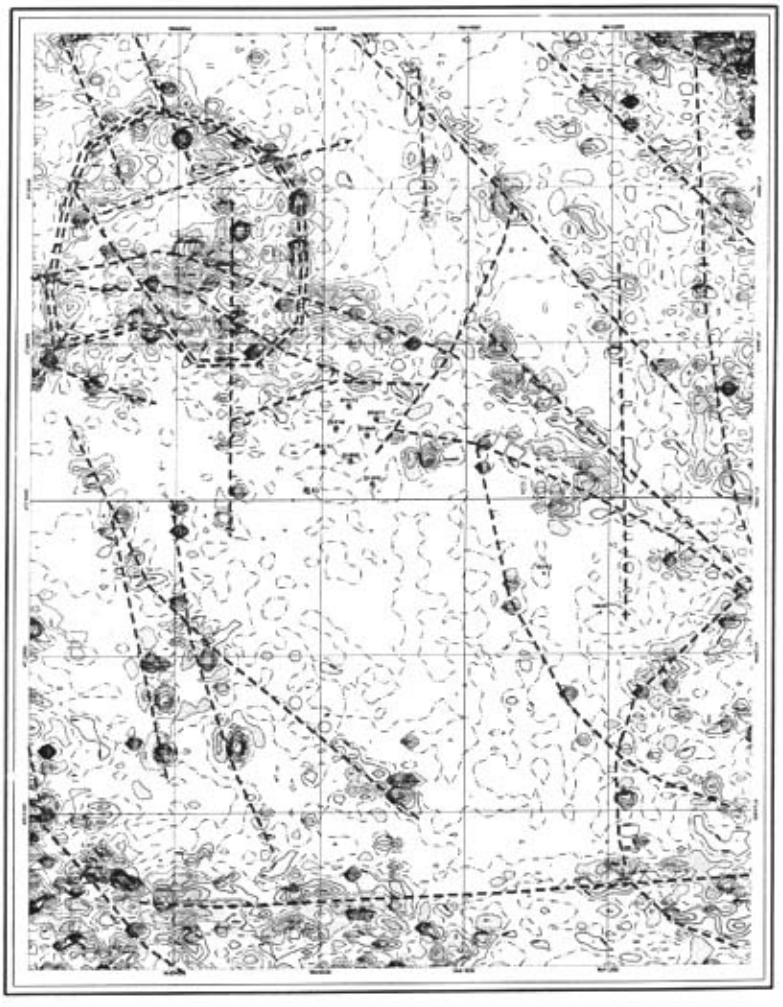
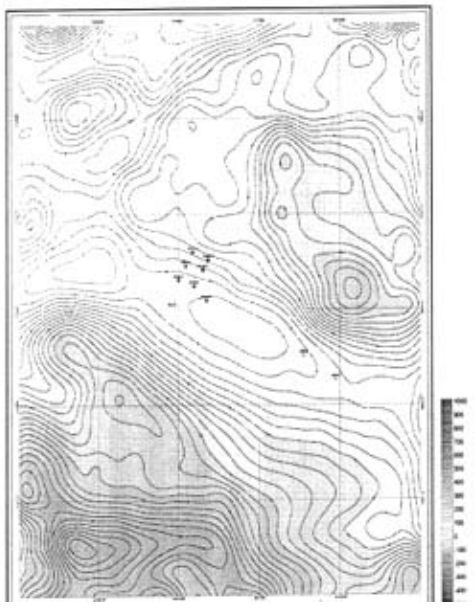
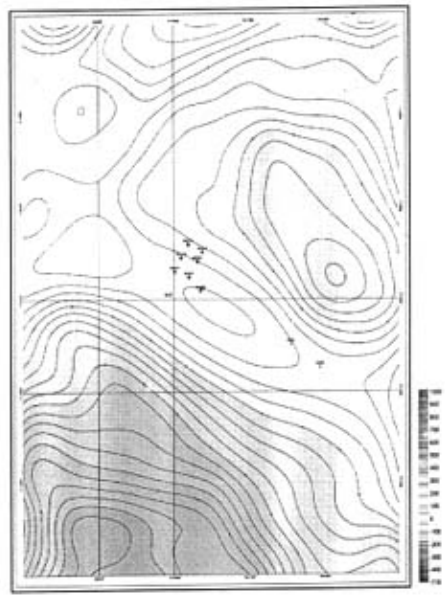


图 4-11 卡拉塔格梅岭地区局部异常(浅源场)地质解译图

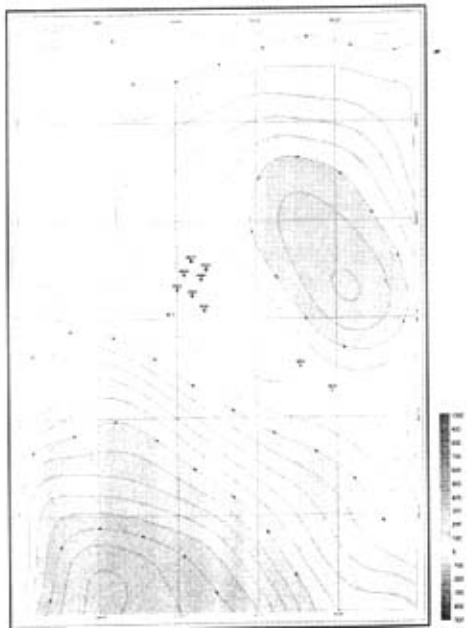
为了突出深部较大地质体的异常，采用向上延拓和垂向二阶导数向上延拓200m、400m、600m、1000m，压制浅部，较小地质体的异常(图 4-12、图 4-13)，图4-14 显示了深部各个不同深度存在的火山机构、花岗岩体、隐伏岩体等磁性体及岩体的边界。从而推断出深部磁性岩体不同深度横向切片图(图 4-15)。



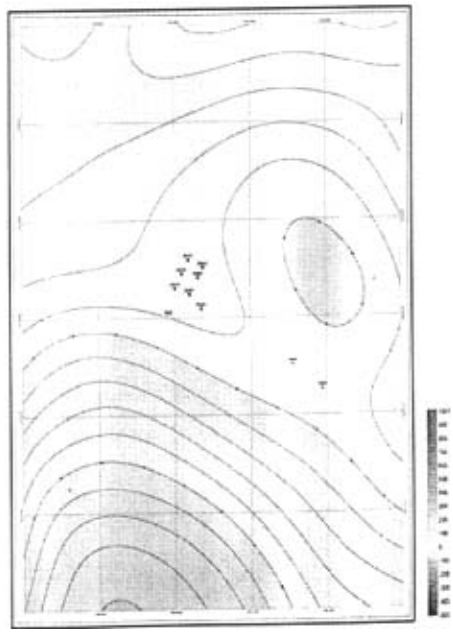
(a)向上延拓 200m



(b)向上延拓 400m

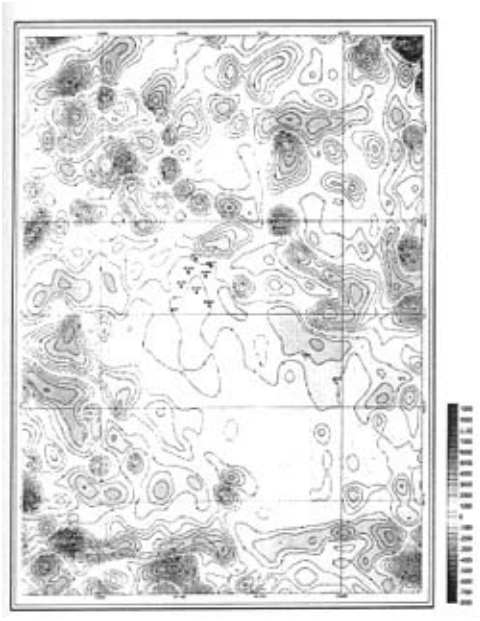


(c)向上延拓 600m

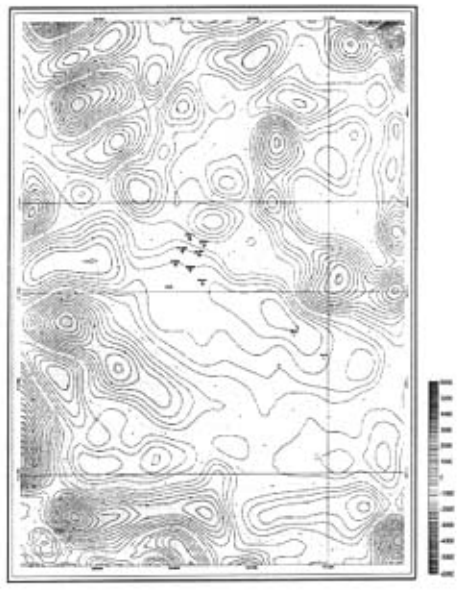


(d)向上延拓 1000m

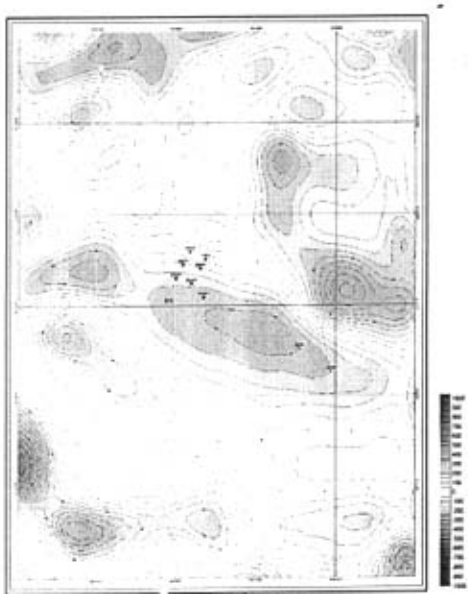
图 4-12 卡拉塔格梅岭地区磁力化极向上延拓 200m 400m 600m 1000m 异常平面图



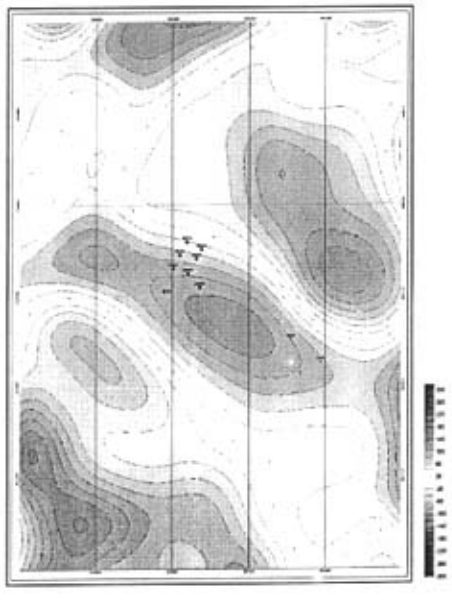
(a) 向上延拓 200m 垂向二阶导数



(b) 向上延拓 400m 垂向二阶导数



(c) 向上延拓 600m 垂向二阶



(d) 向上延拓 1000m 垂向二阶导数

图 4-13 梅岭地区磁力化极向上延拓 200m, 400m, 600m, 1000m 垂向二阶导数异

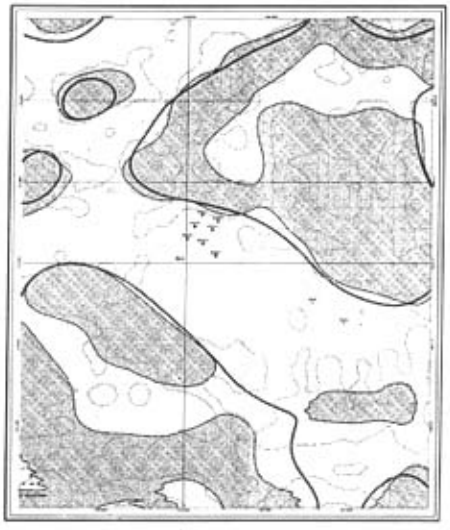


图 4-14 卡拉塔格梅岭地区区域异常(深源场)地质解译图

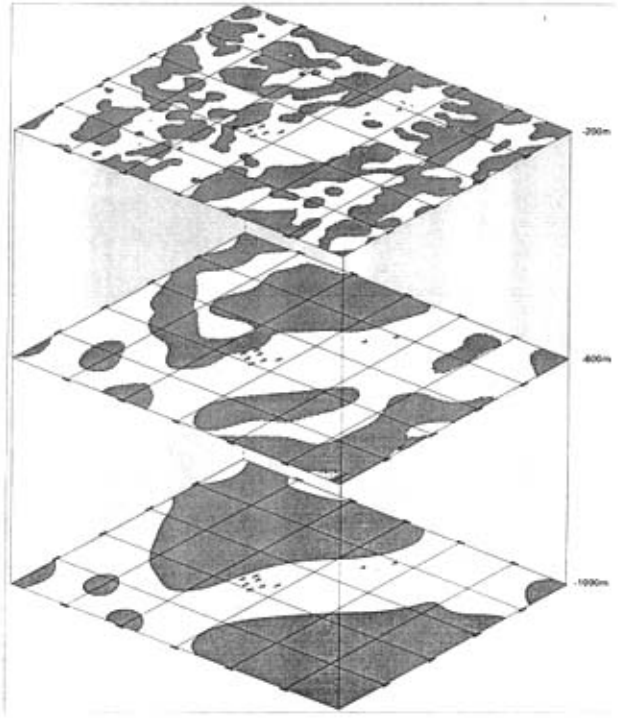


图 4-15 推断深部磁性岩体不同深度横向切片示意图

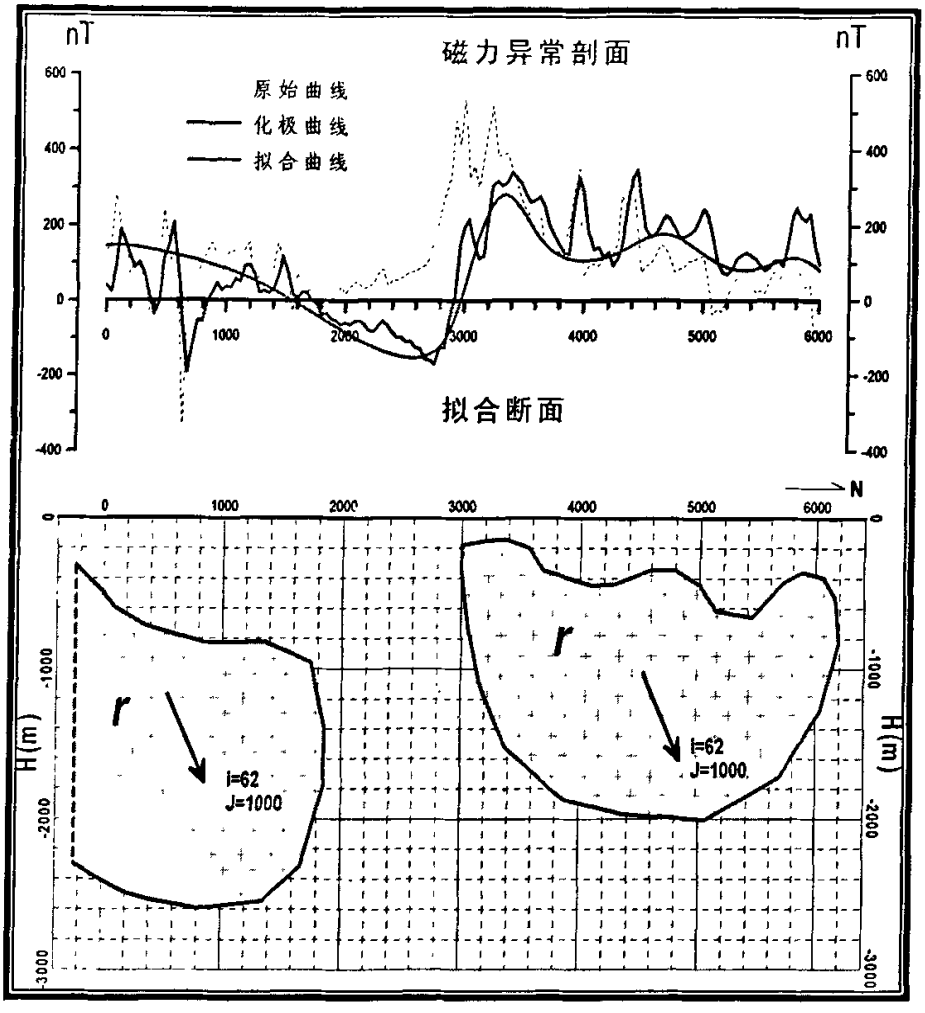


图 4-16 梅岭地区 40 线 2.5D 磁异常正演拟合成果图

梅岭地区 40 线 2.5D 磁异常正演拟合成果图 4-16 显示了磁性岩体埋深在几百米到几千米，往南方向有一定的延伸，在地面有露头显示，与现场踏查相符。

通过高精度磁力勘查试验划分构造格局、圈定岩体范围及空间分布特征、结合地质成矿理论确定找矿有利部位（图 4－17）。找矿有利部位：火山机构与区域构造的复合部位、隐伏岩体及内外接触带、构造交汇部位、硫化物及金铜地化异常发育地段。

高精度磁测发现梅岭地区为一面积达 5 平方千米的低磁区，梅岭和红石矿化蚀变区位于高低磁场的过渡蚀变带附近，受北西向断裂和近南北向断裂控制，进一步证实了前面章节矿区的磁性特征和地质构造。

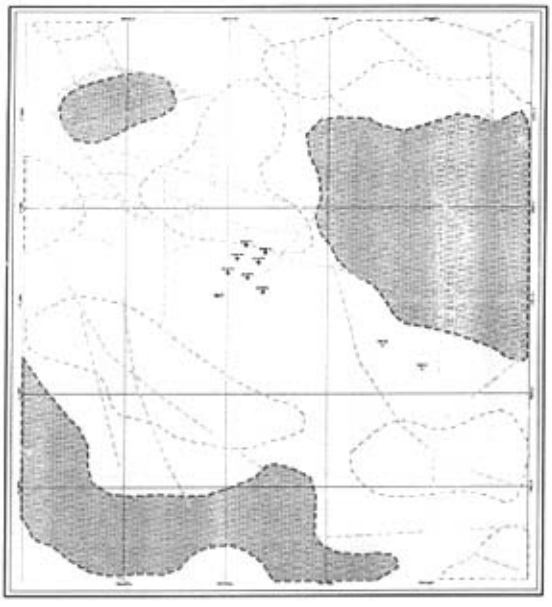


图 4-17 卡拉塔格梅岭地区磁力异常地质解译平面图

4.2 梅岭矿区平面和剖面异常特征

4.2.1 激电测深剖面异常特征

金属硫化物作为该地区间接指示标志，在高精度磁测平面异常的基础上，为了探测浅部金属硫化物的富集地段，选择了激发极化测深。激发极化法是以地壳中不同岩、矿石的激电效应差异为物质基础，通过观测与研究人工建立的直流（时间域）或交流（频率域）激电场的分布规律进行找矿和解决地质问题的一组电法勘探分支方法。实践证明，它是勘查各类金属矿产的主要方法，特别是对电阻率与围岩相差不大的浸染型金属矿床而言，与其它方法相比更为有效。

为研究 0－300m 深度范围内的金属硫化物的富集地段,在梅岭铜金矿区的中心地带 0 勘探线上（300 线剖面）上进行激电测深，图 4-18 物探综合图所示：中低阻高极化及视金属系数异常主要在 80-250m 深度范围内,与下一部分要研究的激电井－地充电异常类似也存在相对较强并向上突起的异常带,主要反映了硫化物相对富集的地段。以前物探工作在该剖面的 500 号点处布置了第 2 章提到的钻孔 ZK001 终孔 378.78 米，穿过酸性火山通道相与基性火山岩围岩的接触带，见多

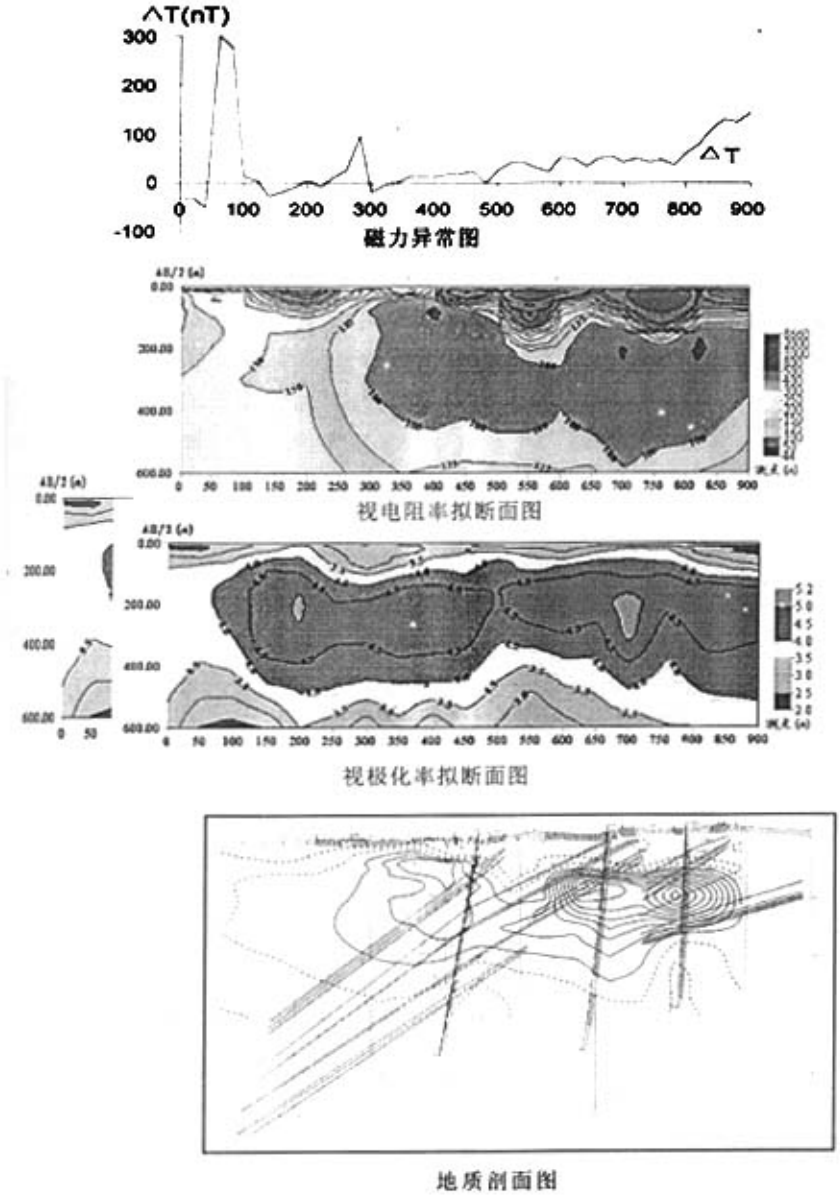


图 4-18 梅岭矿区 0 勘探线（300 线剖面）物探综合图

处铜矿体。梅岭矿化蚀变区处于高低磁场的过渡地带，如图中的磁法低磁异常所示，结合地质、高精度磁测异常、激电异常以及后面的激电井一地充电异常在该

剖面上 700 号点、820 号点上又布置了两个钻孔，经钻探验证，见矿效果很好。从图中看出矿体有一定的延伸，为了控制矿体的延伸，下面将在该矿区采用激电井一地方式充电追踪硫化矿带，为布置钻孔指导找矿提供依据。

4.2.2 激发极化法充电装置井-地方式向量测量平面异常特征

新疆哈密卡拉塔格地区梅岭矿区地处荒漠戈壁，近地表 0.3-1.0 米范围内普遍形成坚实的盐碱壳，有时深及地表以下 2.5 米，给物探工工作带来极大难度，尤其是影响到物探电法工作的供电和信号接收。

矿区内中基性火山岩及中酸性斑岩体有明显的电性差异，本次试验方法采用激发极化法充电装置井一地方式向量测量技术，用在金属矿区的详查和勘探阶段，它应用于详查金属矿体的位置、形状、大小和相邻矿体的相连情况。该方法消除了地表盐磐层高阻的屏蔽影响，对地下深部的黄铁矿化地质体反映效果十分明显。其目的是要达到强化激电异常、追踪硫化矿带、探索隐伏铜矿化体的位置及产状，指导钻探及山地工程的布置的效果。

通过实践基本达到了这一目的。激发极化法充电装置井-地方式向量测量的充电点（A 点）置于 0 线钻孔 ZK0008 主要矿化层的下盘（95 米深处），地面布设 100m×40m 的测网、施测 X、Y 方向激电剖面各 8 千米，实际控制面积 0.7 平方千米，获得效果极佳的向量视极化率平面等值线图。

井一地充电主要分为三个向量视极化率异常带（见图 4-19、图 4-20、图 4-21）：北部异常带（I 号异常）、中部异常带（II 号异常）及南部异常带（III 号异常），异常带又被走向 NNE 的 F_1 推测断层、走向 NNE 的 F_2 推测断层及走向 NW 的 F_{13} 推测断层三条成矿后期的破矿构造错断，发生断续平移或扭曲。

北部异常带（I 号异常）走向 NW，走向长度大于 700 米、异常带的中部被 F_2 推测断层（上下错动）错断、东部被 F_{13} 推测断层错断推向北西。异常带对应于梅岭区北矿化蚀变带地表的孔雀石化，地表槽探工程揭露出多处孔雀石化，尤其是在梅岭矿区北矿化带的 3 线、4 线上发现 10 余米宽的孔雀石化，地表矿化带长度达 600 多米，验证的钻孔 ZK0012 深部出现较大范围的细脉状黄铜矿化说明该异常与铜矿体有关，见到 3 层铜矿化体、1 层金矿化体和 2 层锌矿体。铜矿体似厚度累计 10.10 米，平均品位 0.845%。锌矿体似厚度总合为 9.96 米，平均品位 1.284%。金矿化体金品位 0.13～0.23g/T。含矿岩性为英安斑岩，矿化类型以黄铜矿一黄铁矿细脉为主。7 勘探线 ZK0712 见到 1 层铜矿体、2 层锌矿体。铜矿体似厚度为 1.50 米，品位 0.513%。锌矿体似厚度为 5.68 米，平均品位 0.880%。异常带的东部地表被凝灰熔岩覆盖，但从异常的连续性分析盖层厚度不大、北矿

化蚀变带在深部向东南延伸。

中部异常带（II 号异常）走向 NW，走向长度大于 400 米，西部被 F_1 推测断层错断推向北西，对应于 ZK0008 孔控制铜金矿化闪长玢岩体。验证钻孔 ZK0008 见到 45 米左右的铜金矿化体，铜品位 0.1-0.9%，平均 0.2%，金品位 0.1-1.0g/T，0.3-0.4g/T，其中铜品位大于 0.3%的穿矿厚度约 16 米。含矿岩性为闪长玢岩，矿化类型以辉铜矿一黄铜矿一黄铁矿细脉为主。验证孔（充电孔）位置正好处于异常的边部，异常中心的见矿效果肯定要好于该孔。

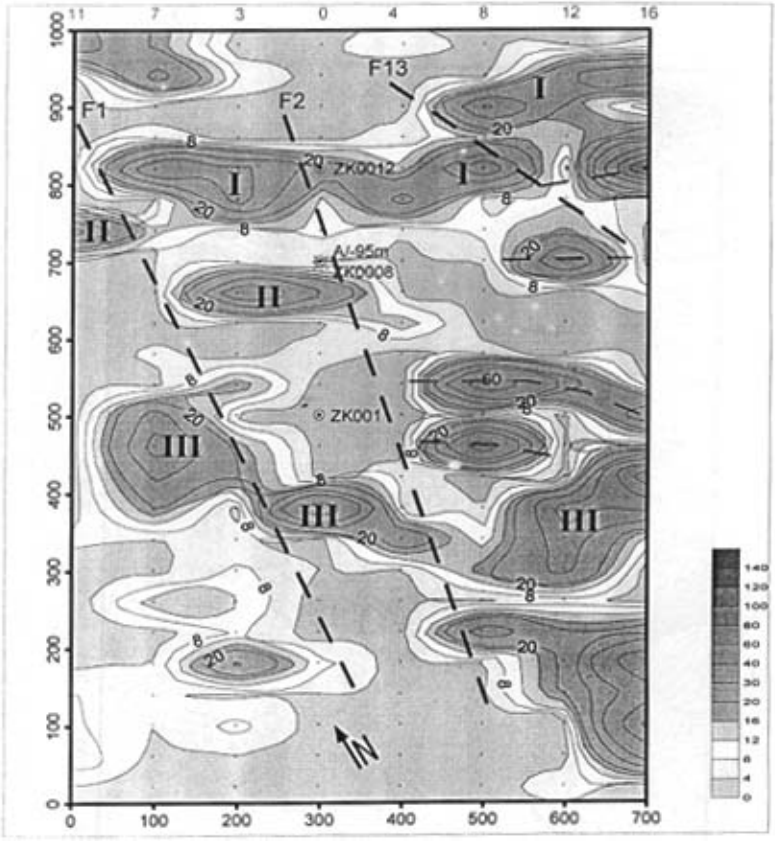


图 4-19 梅岭矿区激电充电向量视极化率异常平面图

南部异常带（III 号异常）走向 NW、呈弧状展布，走向长度大于 700 米、位于 ZK001 以南，分别被走向 NNE 的 F_1 推测断层、走向 NNE 的 F_2 推测断层错断，发生断续平移或扭曲。施工的槽探揭露发现了强烈的孔雀石化，表明与含铜金属硫化物有密切的联系，下一节将采用强场源瞬变电磁法探测 ZK001 以南的异常情

况。

ZK0712 孔的充电异常与 ZK008 的充电异常基本重叠并提供了矿区北东异常更强的信息(图 4-22)。

总体来看梅岭矿区硫化物矿化蚀变带与隐伏岩体的接触带有一定的关系(图 4-23)，NW 走向的激电充电向量视极化率异常可能反映了 NW 向裂隙与隐伏岩体的破碎接触带复合形成导矿容矿构造金属元素在浅部局部富集形成的金属硫化物矿化带。

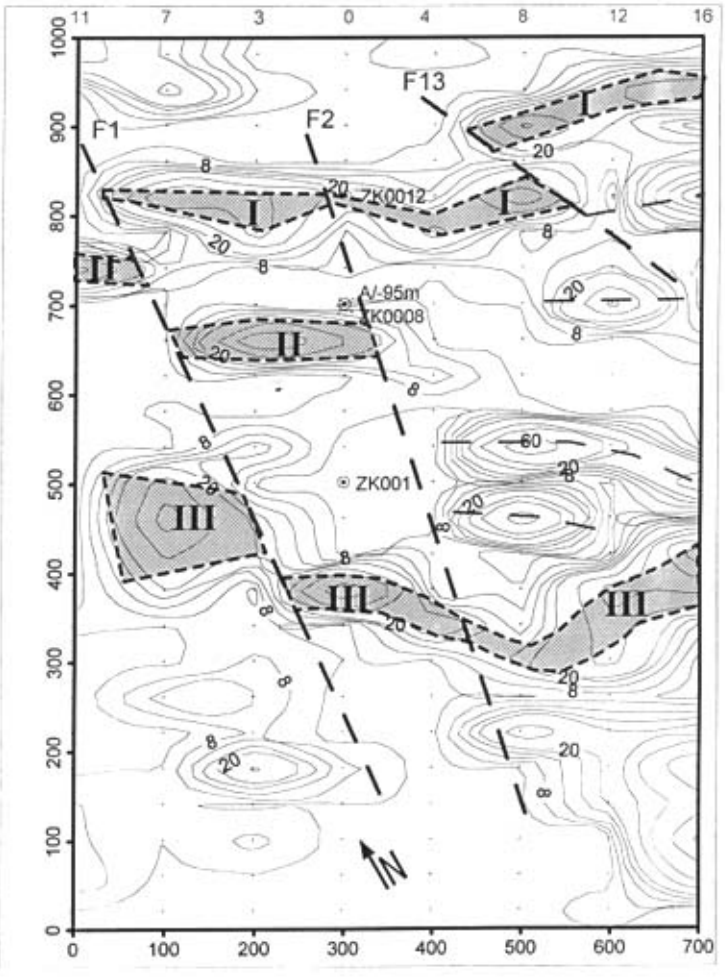


图 4-20 梅岭矿区激电充电异常解释推断图

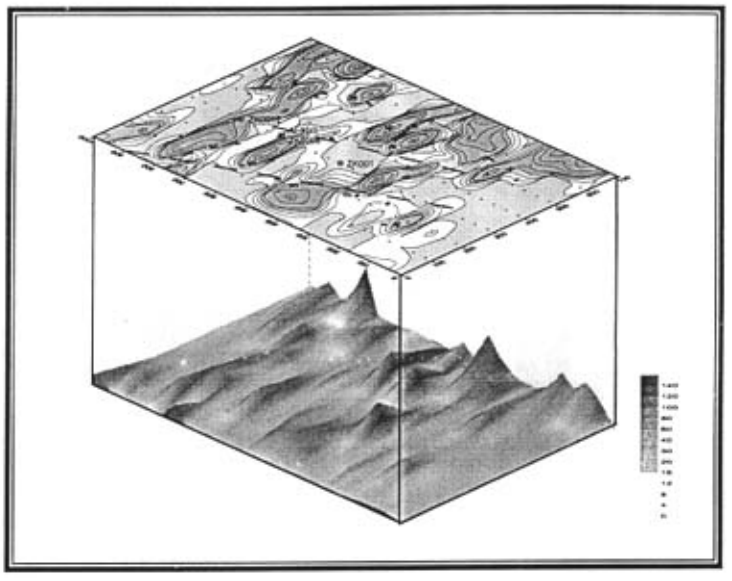


图 4-21 梅岭矿区激电充电向量视极化率立体示意图

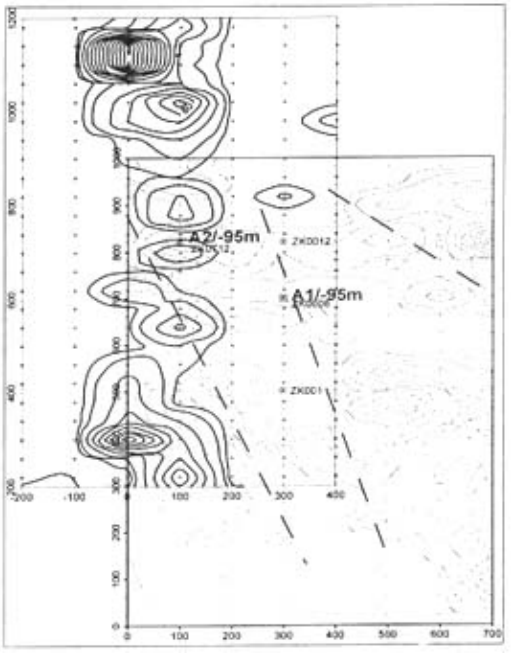


图 4-22 ZK0712 和 ZK0008 激电充电向量视极化率异常对比图

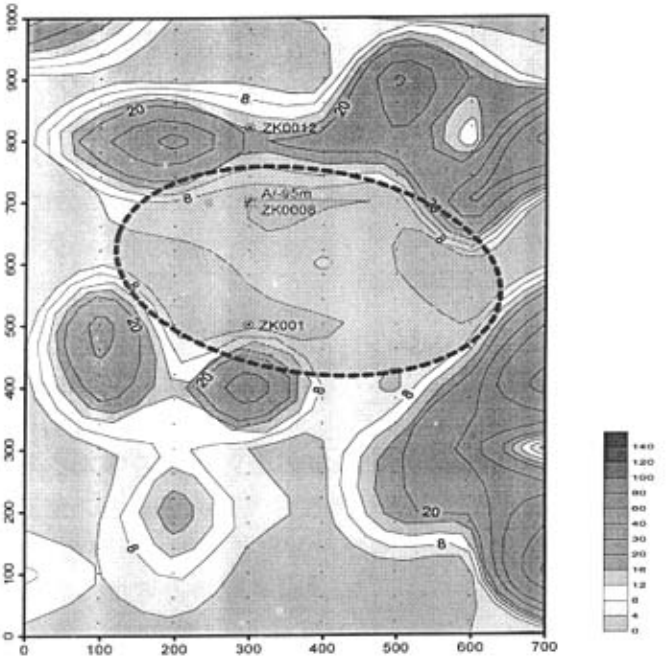


图 4-23 梅岭矿区激电充电向量视极化率异常趋势背景图

4.2.3 瞬变电磁法测深剖面异常特征

在针对寻找斑岩一次火山岩型细脉一浸染状铜金矿，采用的物探手段主要为激电测深和激电剖面，总结出与黄铁矿等金属硫化物有关的铜金矿化体，具有中低电阻率、高极化率的电性特征，取得较好的找矿效果。但激电方法探测深度较浅，一般为 200 米左右。梅岭矿区 200 米以下矿化蚀变强烈，显示出深部仍然含矿的趋势。尤其是在梅岭矿区 0 线 ZK001 钻孔深部，在 340 米处发现铜矿体。综合资料分析，认为梅岭矿区主矿体 CuⅡ-1 向南倾伏，可能延深至 300 米以下。铜矿石类型向深部转变为脉状、似层状富铜矿体。因此有必要采用瞬变电磁法测量，以便摸清矿化体的延深情况，扩大资源量。

瞬变电磁法是一种高分辨率、探测大深度的新方法，使总体找矿能力达到较大深度，这已成为矿产勘查的发展主流，是近年来发展迅速、并得到广泛应用的种人工源时间域电磁勘探方法。

本次方法试验在梅岭矿区的 7、0、8、16、32 勘探线上运用了强场源瞬变电磁法仪器(TEM-3S)，采用 100×100m 重叠回线装置。在保证数据采集准确的前提下，数据处理是瞬变电磁法非常重要的一个环节，瞬变电磁信号的主要特征是

衰减变化规律，数据自机关滤波采用指数拟合与强干扰剔除相结合的方法，该方法有助于保证二次场信号衰变规律不失真。

第 i 测道滤波后的值为 $V'_i=V_i/2+(V_{(i+1)}+V_{(i-1)})/4$ （4－1）

式中， V_i、$V_{(i+1)}$、$V_{(i-1)}$ 分别为第 i 测道及邻近两测道的原始观测值。

视电阻率计算

$$\rho_s(t)=\frac{\mu_0}{4\pi}\left(\frac{2\mu_0 Mq}{5tdB(t)/dt}\right)^{2/3} \qquad (4-2)$$

式中：t：衰减时间； M：发送磁矩，$M=I\times L^2$； q：接收偶极矩，$q=200m^2$；

dB(t)/dt：瞬变磁场。

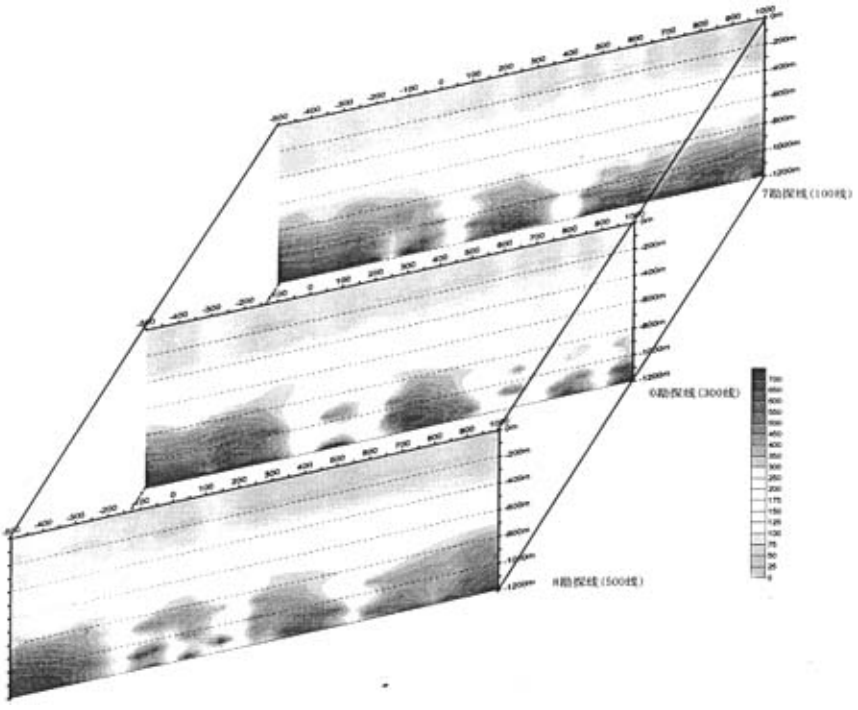
用一维反演与烟圈效应理论的方法确定地下电性结构分布，首先计算全域视电阻率，再根据“烟圈”理论的涡流扩散速度计算视埋深，作为初始参数进行一维反演[48]-[52]，确定地电断面。根据处理结果绘制视电阻率-拟深度断面图、视电阻率平面图等成果图件，进行资料解释。

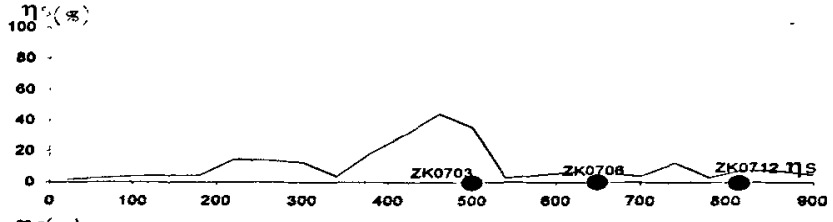
从梅岭矿区 7 勘探线(100 线)、0 勘探线(300 线) 、8 勘探线(500 线) TEM 反演解释断面（图 4－25）看出：深部显示了地电断面电阻率二元结构：上层低阻反映硫化物相对发育的蚀变英安岩、安山岩地层；下层高阻主要表征玄武岩(花岗岩）等地层； 在下层的高阻区韵律发育多组同生垂向低阻构造异常。对比 TEM 和激电充电视极化率平剖图看出，TEM 异常和激电充电异常对应很好，说明试验方法可行。

8 勘探线（500 线）TEM 反演图（图 4－26），深部存在三组低阻通道相，低阻通道相对应高视极化率充电异常，为了验证安山岩和玄武岩二元电性结构，在该线的 200 号点布置了深钻孔 MZK0813，是为了控制 ZK001 以南的异常，在 100～102 米、124～126 米、206～214 米、274～276 米见多处铜矿化体，铜品位最高 1.92%，在 490 米左右存在有细脉状黄铜矿，此位置正在安山岩和玄武岩的分界处附近，推断界面深度误差小于 3%。钻孔 ZK0803 在浅部见到 1 层铜矿体，穿矿厚度 9.00 米。为了控制矿区 NW 方向的矿体的延伸，在 7 勘探线（100 线）布置验证钻孔，均见到不同厚度的铜金锌矿化体，ZK0706 打到 3 层铜矿体穿矿厚度总和为 4.06 米，平均品位 0.357%；ZK0703 见到 2 个铜矿体和 1 层锌矿体。铜矿体似厚度 3.00 米，平均品位 0.620%，锌矿体似厚度 3.00 米，平均品位 0.815%。

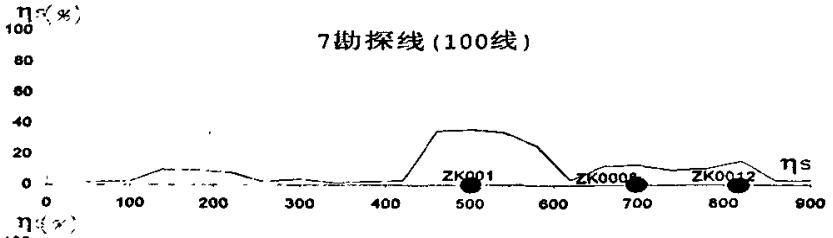
4.2.4 找矿效果

综合梅岭矿区的钻孔验证和地质资料，矿化组合为以 Cu 为主的 CuZn-CuAu

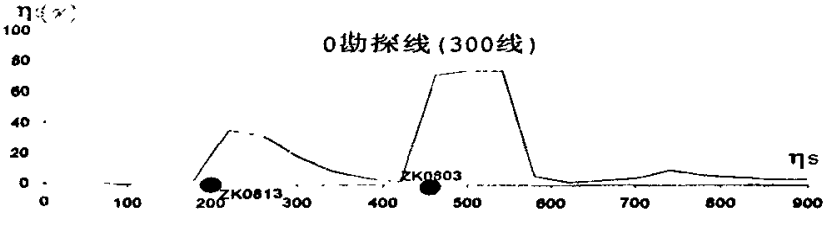




7勘探线(100线)



0勘探线(300线)



8勘探线(500线)

图 4-24 梅岭矿区 100、300、500 线 TEM 反演和激电充电视极化率对比图

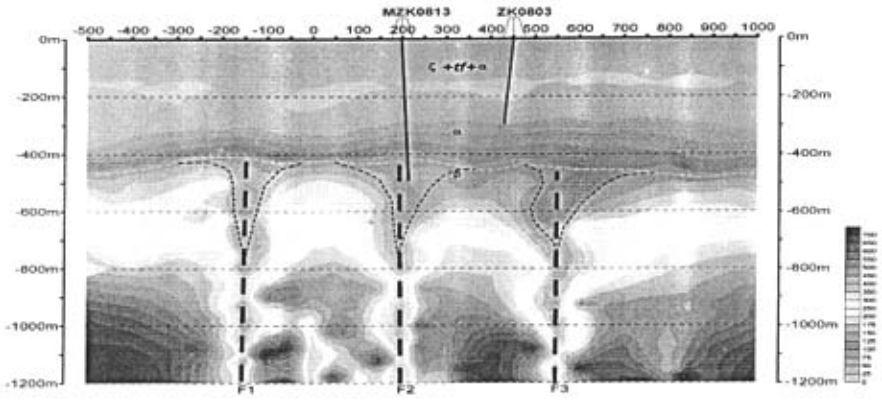


图 4-25 梅岭矿区 8 勘探线 TEM 反演解释断面

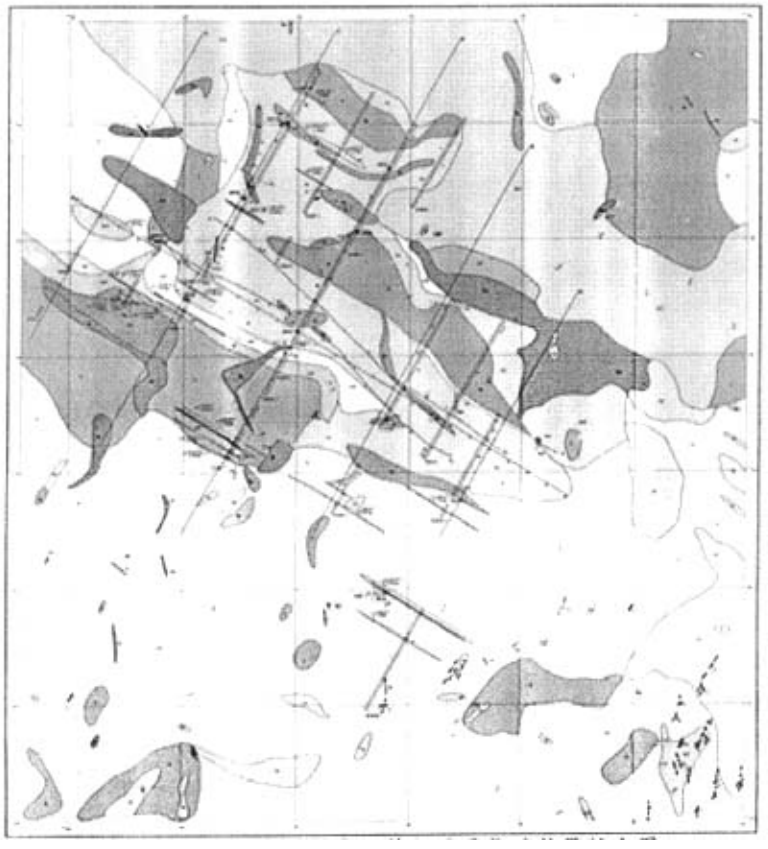


图 4-26 梅岭铜金（锌）矿区找矿效果综合图

型，断裂构造明显控制铜金锌矿体的分布。矿区分为南、北两条含矿蚀变带。酸性次火山岩与中基性火山岩接触地带也是矿区构造和矿化最为发育地段。

梅岭矿区圈出铜矿体 14 条、金矿体 4 条、铜锌矿体 1 条、锌矿体 5 条（图 4－26）。

铜矿体 14 条：CuⅠ-1 、CuⅠ-①、CuⅢ-①、CuⅠ-2、CuⅠ-3、CuⅡ-1、CuⅢ-1、CuⅢ-2、CuⅢ-3、CuⅢ-4、CuⅢ-6、CuⅢ-7、CuⅢ-8、CuⅢ-9。

铜矿化产于流纹斑岩与围岩的接触带、闪长岩、玄武安山岩、安山岩或英安岩的节理裂隙中，矿体长 100-670 米、延深 25-278 米、真厚度 0.78-5.37 米，矿体铜平均品位 0.345-1.509%、金平均品位 0.118-0.277g/t。

金矿体 4 条：AuⅠ-①、AuⅡ-①、AuⅡ-②、AuⅡ-③。

矿体产于英安质凝灰岩中、流纹斑岩或闪长玢岩中，矿体长 50-150 米、延深 31-50 米、真厚度 1.06-4.46 米，矿体金平均品位 1.104-1.824g/t。

铜锌矿体 1 条：CuZnⅡ-1，含矿岩性为石英斑岩、流纹斑岩、火山角砾岩，矿体长度 200 米、延深 117 米、真厚度 2.88 米矿体铜平均品位 0.314%、锌平均品位 0.814%。

锌矿体 5 条：ZnⅠ-1、ZnⅡ-1、ZnⅡ-2、ZnⅡ-3、ZnⅡ-4。

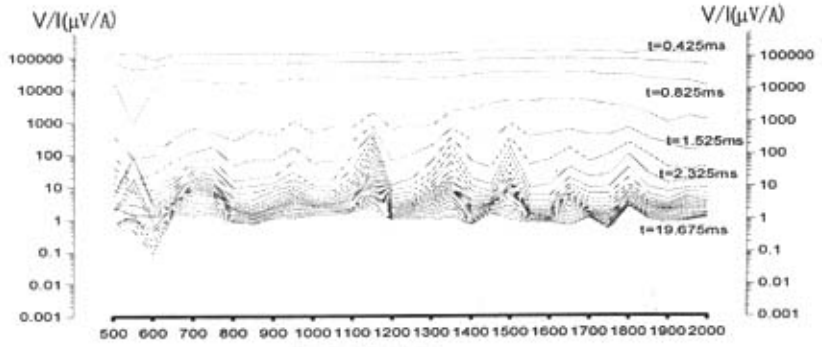
含矿岩性为石英斑岩、流纹斑岩、火山角砾岩，矿体长度 150～400 米、延深 98～136 米、真厚度 1.35～4.57 米，矿体锌平均品位 0.570～1.536%。

4.3 红石矿区的异常特征及找矿效果

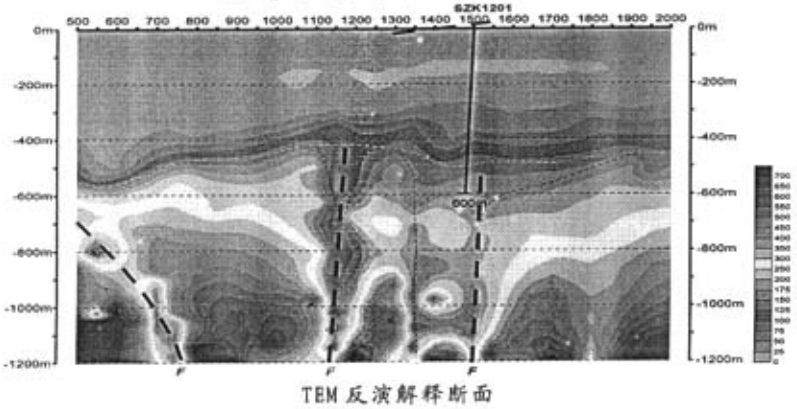
4.3.1 瞬变电磁法测深异常特征

红石矿区和梅岭矿区的地质和物性条件类似，通过 100～200 米间距的地表槽探工程揭露，在红石矿化区 27 线至 16 线地表发现走向北西，长 1100 米、宽 5～60 米的铜（金）矿化带。其中 12 线刻槽样分析结果 Cu0.10-0.43%，连续样长 23.50 米；11 线刻槽样分析结果 Cu0.10-1.67%，连续样长 28.00 米。在梅岭矿区找矿取得很好的效果的基础上，为加强红石矿区的的深部找矿，主要采用了梅岭矿区一样的强场源瞬变电磁法。

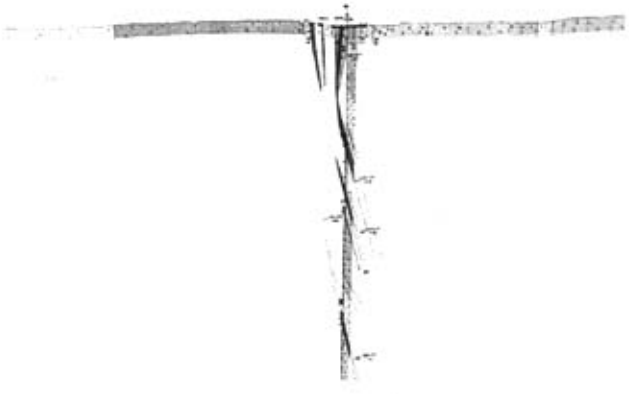
在红石矿区的 11、7、0、4、8、12、16 勘探线进行了 TEM 试验，从红石矿区的 8、12 勘探线 TEM 反演解释断面(图 4－27，图 4－28)看出：深部同样显示了梅岭矿区类似的地电断面电阻率二元结构。浅部（300 米以上）为低阻层（<100 Ω·m)，300 米以下为相对高阻层(>200Ω·m)；高阻层内存在近于等间距(300-400m)带状分布的低阻带，低阻带宽度一般为 100 米。从 12 勘探线 TEM 时间响应剖面、



TEM 时间响应剖面



TEM 反演解释断面



地质剖面

图 4-27 红石矿区 12 勘探线剖面图

反演解释断面和地质剖面看出，深部的低阻通道相的次级裂隙与地质剖面的地层分界有一定的对应关系。

从红石矿区南部 1 千米处(碧玉山矿化蚀变区)4 勘探线 TEM 反演解释断面（图 4－29）看出：地下显示具有宽度 400～600 米、深度 800 米左右的低阻异常。地表见大面积分布的铁碧玉，硅化、孔雀石化和铁锰质、绢云母化强烈。矿化蚀变带长度 800 米，宽度 100－200 米。施工的钻孔 BZK0001 自 22 米开始，至 180 米为强烈黄铁矿化－绢云母化英安斑岩，局部见铜矿化体。

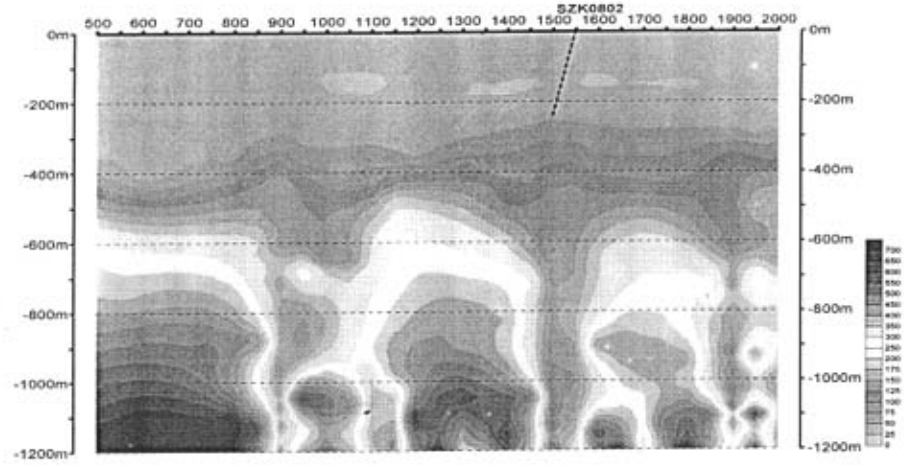


图 4-28 红石矿区 8 勘探线 TEM 反演解释断面图

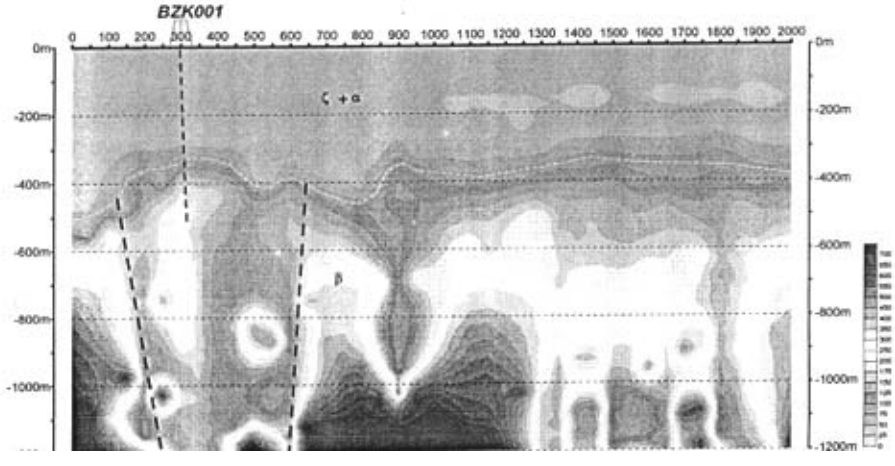


图 4-29 碧玉山矿区 4 勘探线 TEM 反演解释断面

根据梅岭和红石矿区的 TEM 反演深度-800m 平面图(图 4－30)的异常特征显示，由梅岭、红石、碧玉山三个地区形成的三个深部环形构造带相切、相交部位也是碧玉山北西向构造成矿带与梅岭－红石构造成矿带交汇部位，成矿条件较为有利，应是该区找矿的下一个重要突破口。

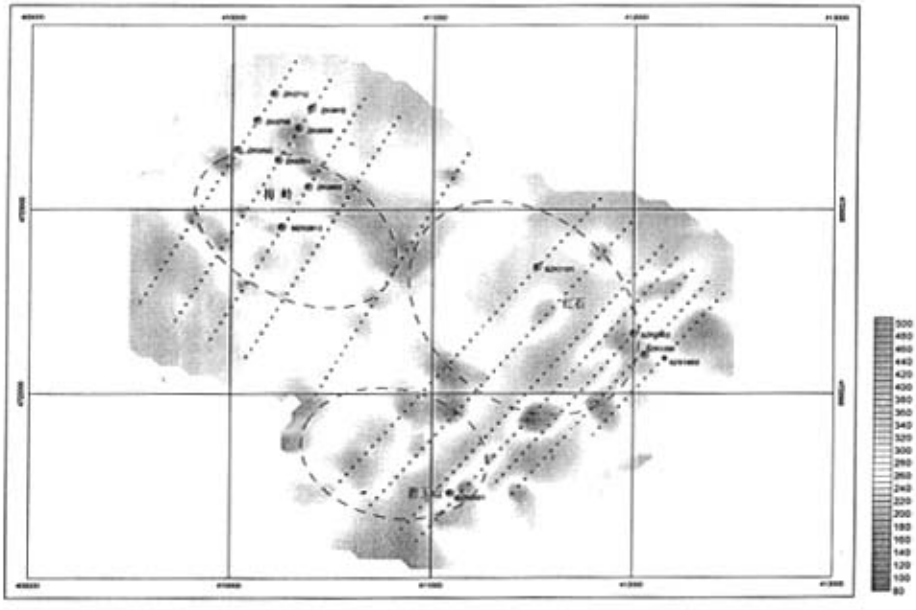


图 4-30 卡拉塔格地区 TEM 反演深度-800m 平面图

4.3.2 找矿效果

通过钻探验证，8 线施工的钻孔 SZK0802 终孔 201 米，在凝灰质角砾岩层中见 5 层铜矿化体，见矿位置 64～68 米、106～113 米、132～134 米、152～154 米、169～171 米； 12 线钻孔 SZK1201 在安山岩岩层 101－118 米见含铜石英脉和浸染状铜矿化，斜厚 16.5 米，铜品位 0.46～9.84%，平均品位 3.03%，含 Au0.11g/t；含角砾玄武岩岩层 150～159 米铜品位 0.69～3.85%，平均品位 2.14%。为了控制矿体的延伸，在 16 线施工的 SZK1602 孔，深部在角砾岩中见到厚度达 20.89 米,平均品位 Cu0.956%的厚大矿体。到目前为止，8 线到 16 线钻孔深部沿走向控制矿体 200 米。结合红石矿区的槽探工程，红石矿区地表和深部找矿取得了重大突破（图 4－31）。证实红石的地表铜金矿化体具有一定的延深，

矿体往深部具有铜品位明显升高、矿体变厚的趋势。

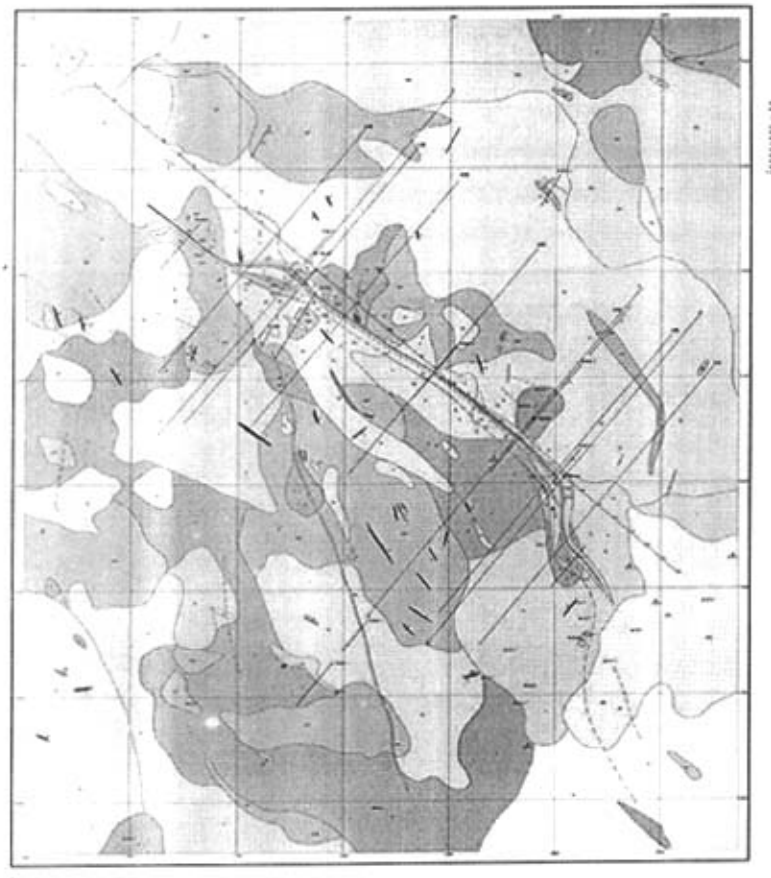


图 4-31 红石铜金矿区找矿效果综合图

4.4 找矿方法总结

通过高精度磁测、激电井一地方式充电和钻探验证，进一步证实该地区铜金矿成矿作用受北北西向和东西向两组断裂构造控制，构造控矿明显。

高精度磁测发现梅岭和红石矿区处于蚀变带范围，证实了矿区岩矿石的低磁性。在梅岭矿区用激电测深大致查明了浅部金属硫化物的范围、激电井一地方式充电追踪了硫化矿带延伸相连情况、瞬变电磁测深探测了深部的地电电阻率二元结构，为布置钻孔提供了参考。

经钻探验证，选用的地球物理试验方法取得了良好的效果，梅岭矿区矿化体

类型：与与闪长玢岩小岩枝有关的浸染状－细脉状铜（金）矿体；与酸性火山热液角砾岩有关的细脉－浸染状铜矿体、金矿体、铜(金)矿体；与英安岩、安山岩、安山玄武岩等中酸性、中基性火山岩中有关的细脉状铜矿体、铜锌矿体、锌矿体。

通过对红石矿区成矿规律及地质-地球物理特征研究：①TEM深部存在的低阻通道相控制了低阻蚀变盆地中铜金矿的空间定位，对应于深部低阻通道相位置的次级裂隙是浅部矿体赋存的主要部位；②深部存在地电电阻率二元结构，多组深部构造交汇部位是该区成矿的最佳部位；③低阻通道相层位及构造异常与二元结构界面处形成喷泉瀑布状低阻异常部位是成矿的有利部位，在矿区的该部位见到富厚矿体。

红石矿区铜矿化层位主要集中于角砾英安质凝灰岩和英安斑岩的构造裂隙中，空间上往往与酸性火山岩－火山碎屑岩及其围岩密切相关。红石矿区铜矿化体产于凝灰质、英安质角砾岩带内及上下界面。矿石类型主要为含团块状、脉状金属硫化物的石英细脉、网脉，金属硫化物简单，主要为黄铜矿和黄铁矿，含矿围岩为中酸性、中性火山岩－次火山岩及火山碎屑岩，火山岩型控矿的特征显著。

第5章 地质一地球物理模型

前面章节概述了新疆卡拉塔格地区铜金矿床的成矿地质背景及成矿特征、研究地球物理参数特征、异常特征、找矿方法及效果，本章将总结出该地区的地质标志、地球物理标志、抽象出地质一地球物理示意模型[53][54]以及找矿的方法技术组合流程。

5.1 地质标志

地层	主要为泥盆系火山碎屑岩夹碳酸盐建造、二叠系陆相中基性火山岩与碎屑岩建造。岩性主要为火山角砾岩、石英斑岩、安山岩、闪长玢岩、英安（玢）岩、岩屑晶屑凝灰岩、凝灰质熔岩、流纹斑岩、玄武岩等。
构造	在空间上与火山机构密切相关，由北北西向(近南北向)和近东西向两组断裂控制了矿区火山机构的分布。
岩浆岩	海西早期侵入，呈小岩体或岩株产出，由石英闪长岩、二长花岗岩、花岗斑岩等组成，火山岩主要为火山碎屑岩和中基性火山熔岩。
围岩蚀变	主要蚀变为硅化、褐铁矿化、黄铁矿化、绿泥石化、绿帘石化、孔雀石化、黄钾铁钒化、绢云母化、青盘岩化。
赋矿部位	赋矿层位集中于由流纹(斑)岩一熔结凝灰岩组成的火山机构的斜坡相、石英斑岩与基底岩系的接触带、NWW向构造破碎带中。金矿化与次火山岩相一石英斑岩和热液活动形成的微细粒黄铁矿有关，铜矿化与石英斑岩及热液爆破角砾岩有关。
主要矿石矿物	黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿、辉铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、赤铁矿等。
其它标志	地表出露孔雀石化，铁碧玉

5.2 地球物理标志

探测目标物	金属硫化物范围	地电电阻率二元结构
目标物物性特征	中低阻、高极化、低磁性	低磁、蚀变强、深部存在多组低阻通道相
地表异常特征	高精度磁测显示了梅岭和红石矿区处于低磁性的蚀变带，通过各种处理划分构造格局、圈定岩体范围及空间分布特征、结合地质成矿理论确定找矿有利部位；激发极化法测深在梅岭矿区的中心地带探测浅部（0－300m）硫化物的富集范围；激发极化井一地方式充电法在梅岭矿区探测了三个效果极佳金属硫化物视极化率充电向量异常带。	梅岭和红石矿区 TEM 反演断面图显示了地电电阻率二元结构：低阻特性主要反映了金属硫化物相对发育的蚀变较强的英安岩、安山岩地层，下层的高阻特性主要反映了玄武岩（花岗岩）等地层；低阻通道相层位及构造异常与二元结构界面处形成喷泉瀑布状低阻异常。

5.3 地质－地球物理示意模型

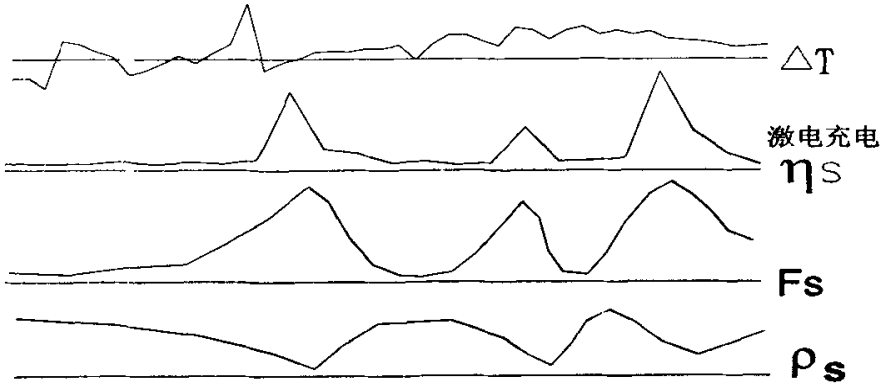
通过该地区的成矿规律、地质标志、地球物理标志、地球物理参数和异常特征，结合典型剖面抽象出地质－地球物理示意模型（图 5－1）。

5.4 方法技术组合流程

1 圈定矿带。结合 1:20 万区域重力和航磁以及遥感影像特征，1:20 万的区域地球化学扫描圈定异常带。

2 圈定含矿岩体。用物性特征建立地球物理找矿的直接和间接标志，1:1 万高精度磁测圈定蚀变带范围、划分构造格局、圈定岩体范围及空间分布特征。用激发极化法井一地方式向量充电圈定金属硫化物的范围及相连情况。

3 寻找和确定矿体赋存部位。用激发极化测深圈定浅部的中低阻高极化黄铁矿硫化物，用瞬变电磁测深探测深部的地电电阻率二元结构和低阻通道相。



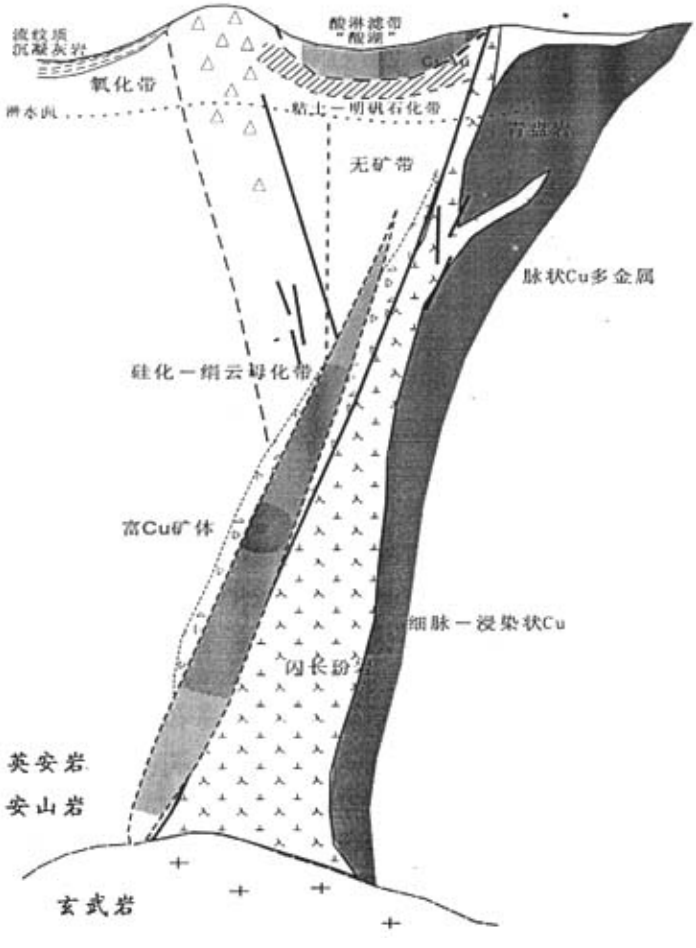


图 5－1 卡拉塔格地区铜金矿床地质－地球物理示意模型

第6章 结论与建议

6.1 结论

本论文在新疆卡拉塔格地区铜金矿床前人找矿工作的基础上，在该地区已发现的梅岭和红石矿区进行地球物理方法试验和物性参数测定，研究了该地区的地球物理参数和异常特征，对试验资料进行处理解释研究，并指导该地区的找矿工作，得到以下一些结论：

1 本次方法试验行之有效，卡拉塔格地区的找矿获得突破。

2 通过参数测定比较系统的研究了卡拉塔格地区的区域和矿区地球物理参数特征，在研究本地区物性参数特征的基础上，对比钻孔岩芯化学分析物性参数、钻孔岩芯原生晕和电性参数，电性参数低阻高幅频率主要对应于以黄铁矿为主的硫化物，岩芯原生晕显示的以铜矿化为主的 Cu-Mo-Pb 组合、以金矿化为主的 Au-As-Ag 组合及以锌矿化为主的 Zn-Mn-Cd 组合等三组元素异常组合均与黄铁矿有一定的正相关关系，因而黄铁矿化为主的硫化物可作为铜金矿、锌铜矿的间接找矿标志，利用以幅频率、电阻率差异为前提的电法勘探方法圈定黄铁矿化范围进行间接找矿。

3 运用高精度磁测在梅岭和红石矿区及外围，通过各种处理，划分构造格局、圈定岩体范围及空间分布特征、结合地质成矿理论确定找矿有利部位，发现梅岭和红石矿区正处于低磁蚀变带的范围。

4 在梅岭矿区运用激发极化法测深大致了解浅部金属硫化物的富集范围；激发极化井一地方式充电法圈定了三个效果极佳金属硫化物视极化率充电向量异常带，为布置钻孔提供依据。

5 运用高精度磁测、激电测深、激电井-地方式充电、瞬变电磁法等综合物探方法在梅岭矿区找矿取得良好的效果。

6 运用强场源瞬变电磁法在梅岭和红石矿区取得了很好的效果，TEM 反演断面显示了地电电阻率二元结构：上层的低阻特性主要反映了金属硫化物相对发育的蚀变较强的英安岩、安山岩地层，下层的高阻特性主要反映了玄武岩（花岗岩）等地层，上述解释在梅岭 MZK0813 孔得到验证。低阻通道相层位及构造异常与二元结构界面处形成喷泉瀑布状低阻异常部位是成矿的有利部位，红石矿区钻孔 SZK1201、SZK1602 在该部位见到富厚矿体，结合槽探，红石矿区地表和深部找矿取得了重大突破。

7 通过高精度磁测、激电井一地方式充电方法试验和钻探验证，进一步证实该地区铜(金)矿成矿作用受北西向和东西向两组断裂构造控制，构造控矿明显。

8 该地区的铜金（锌）矿化体类型：与与闪长玢岩小岩枝有关的浸染状一细脉状铜（金）矿体；与酸性火山热液角砾岩有关的细脉一浸染状铜矿体、金矿体、铜(金)矿体；与英安岩、安山岩、安山玄武岩等中酸性、中基性火山岩中有关的细脉状铜矿体、铜锌矿体、锌矿体；产于凝灰质、英安质角砾岩带内及上下界面的铜矿化体。

9 通过综合研究地质和物探解释资料，总结出本地区找矿的地质标志、地球物理标志，建立了地质一地球物理示意模型，提出本地区找矿的地球物理方法技术组合流程。

6.2 今后工作建议

通过本文研究发现，虽然研究该地区的地球物理特征和找矿方法来指导找矿取得良好的效果，但是本地区呈现中大型矿床的前景，加之找矿工作的时间不长，以下方面有待进一步找矿工作研究：

1 根据该区 TEM 异常特征显示，由梅岭、红石、碧玉山三个地区形成的三个深部环形构造带相切、相交部位也是碧玉山北西向构造成矿带与梅岭一红石构造成矿带交汇部位，成矿条件较为有利，应是该区找矿的下一个重要突破口。

2 注意红石矿化区向西与梅岭矿化区的连接，两者有可能是同一个矿化带，其延伸长度达 2000 米左右。

3 注意红石矿化区南侧的碧玉山矿化蚀变区的找矿，该区黄铁矿化、绢云母化强烈，局部见铜矿化体，TEM 结果显示具有宽度 400～600 米、深度 800 米左右的低阻异常，地表有明显的孔雀石化和铁锰质。

4 注意包括梅岭、红石、碧玉山在内的 Ap7 异常区的深部（300～800 米）找矿。梅岭 8 线钻孔 MZK0813 显示在 490 米左右存在有细脉状黄铜矿，TEM 测量揭示地表 400～1000 米以下的高阻体中存在宽度 200～600 米的低阻通道，以及高低阻相间的“破布状”电阻率分布特征。

5 由于本文在已取得成果的基础上总结出该地区的地质标志、地球物理标志，建立地质一地球物理示意模型，主要侧重地球物理特征和找矿方法研究，随着找矿工作的进一步深入，在该地区找矿积累的经验必定会更加丰富，可视化综合信息找矿模型应该不断完善化，在这方面的完善工作还有待进一步深入研究和探索。

致谢

本论文是在导师程志平副教授和陈卫教授级高级工程师的悉心指导下完成的，值此论文完成之际，衷心感谢程老师三年来对我学业上的谆谆教导和生活上的亲切关怀。

在论文的选题过程中，得到勘查技术与工程教研室全体老师的大力支持和帮助，特别是了阮百尧教授、单娜琳副教授、张小路研究员、沈云发副教授、梁锦文教授、吕玉增博士、欧东新博士、宁绍球老师、丁彦礼老师以及教研室其它老师都提供了很大的帮助和宝贵的意见；在论文的资料收集以及撰写过程中，得到北京矿产地质研究院陈卫教授级高级工程师、方同辉博士的大力帮助，在此一并表示感谢！同时也非常感谢研究生处各位老师三年来提供的关心、支持和帮助。还要感谢各位同学在学习和生活上的支持和帮助。

由于本人对地球物理找矿方面的经验不足，综合解释研究的能力有限，加之时间和地质方面的知识不足等条件的限制，本文必定也存在一些缺点和不足，敬请各位老师和同行批评、指正。

参考文献

[1] 孙文珂，王继伦等. 我国金属与非金属物探的回顾与展望. 地球物理学报，1997，40(增刊):351-361.

[2] 王庆乙，胡玉平. 金属资源的紧缺与隐伏矿找矿的思考. 地质与勘探，2004，40(6):75-79.

[3] 齐文秀，刘涛. 金属矿物探新方法与新技术. 地质与勘探，2005，41(6):62-66.

[4] 刘国兴，王喜臣，张小路等. 大功率激电和瞬变电磁法在青海锡铁山深部找矿中的应用. 吉林大学学报（地球科学版），2003，33（4):551-554.

[5] 赵晓平，俞有峰. 大功率直流激电法在铅锌矿上的应用. 甘肃地质学报，2003，12(2):93-96.

[6] 梁德超，杨立强，邓军. 地面高精度磁法测量找寻金矿应用例析. 地球学报，1999，20（3）：294-301.

[7] 杨礼敬，马佩文，王强国. 地面高精度磁测在筏子坝铜矿勘查中的应用效果. 甘肃地质学报，2003，12（3）:86-92.

[8] Niu Ru-bao et al..Applications of Large-power Induced Sounding in Survey Deep Jiaojia-pattern Gold Mines.Applied Geophysics,2005,2(1):51-55.

[9] 李文尧. 瞬变电磁法在民乐斑岩铜矿区找矿中的应用. 物探与化探，2000，24（5）：391-393.

[10] 考夫曼 A.A.，凯勒 G.V.. 频率域和时间域电磁测深. 地质出版社，1987.

[11]蒋邦远，吴凤翔等. 物化探研究报导. 地矿部物化探研究所，1981，No.8.

[12]朴化荣. 电磁测深法原理. 地质出版社，1990.

[13]牛之琏等. 脉冲瞬变电磁法及应用. 中南工业大学出版社，1986.

[14]牛之琏著. 时间域电磁法原理. 中南工业大学出版社，1992.

[15]方文藻等. 瞬变电磁测深法原理. 西北工业大学，1993.

[16]Adhidjaja Jople.I., Hohmann Gerald W., et al..Two-dimensional transient electromagnetic response.Geophysics, 1985, 50(12): 2849-2861.

[17]Anderson, W.L. . Calulation of transient sounding for a coincident loop system. U.S. Geol. Surv. Open-File Report,1982.

[18]Maxswell A.Meju..A simple method of transient electromagnetic data analysis. Geophysics,1998, 63(2):405-410.

[19]Yost,W.J.. The interpretation of electromagnetic reflection data in geophysical exploration —Part I, General theory(oscillating dipole). Geophysics,1952,17:89-106.

[20]Yost,W.J.. The interpretation of electromagnetic reflection data in geophysical exploration —Part II, metallic model experiments. Geophysics,1952,17:806-826.

[21]蒋邦远编.实用近区磁源瞬变电磁法勘探.地质出版社，1998.

[22]傅良魁.激发极化法.地质出版社,1982.

[23]傅良魁.电法勘探文集.地质出版社,1986.

[24]傅良魁.电法勘探教程.地质出版社,1983.

[25]傅良魁.应用地球物理教程.地质出版社,1991.

[26]傅良魁.应用地球物理教程—电法、放射性、地热.地质出版社，1981.

[27]中南矿冶学院物探教研室.金属矿电法勘探.冶金工业出版社，1980.

[28]Vacquier.V.,Holmes.C.R.,Kintzinger.P.R.,and Lavergne.M.. Prospecting for ground water by induced polarization.Geophysics,1957,22:660-687.

[29] Fox,R.C.,Hohmann,G.W.,Killpack,T.J.,and rijo.L.. Topographic effects in resistivity and induced-polarization surveys.Geophysics, 1980,45: 57-93.

[30]Ward,S.H.,Fraser,D.C..Conductionof electricity in rocks. in coc. Expel.Geophs.Ed.Comm. Mining Geophys,1967,197-223.

[31]Madden,T.R.,Cantwell.T..Induced polarization:A review, in coc. Expel.Geophs.Ed.Comm. Mining Geophys,1967,373-400.

[32]陈绍裘；梅小明，肖志强.用激电测深探测白钨矿.中南工业大学学报（自然科学版），2002,33(6):559-562.

[33]刘崧.激电法在寻找深埋金属矿中的应用前景及方法理论中值得研究的一些问题.地质科技情报.1986,5:104-114.

[34]孟贵祥，庄道泽，王为江.西部戈壁荒漠区大极距激电找矿试验分析.地球学报,2006,27(2):175-180.

[35]何继善.伪随机三频电法研究. 中国有色金属学报，1994，4(1):1-7.

[36]何继善，鲍光淑，张友山.双频道激电法研究.湖南科技出版社,1989.

[37]张友山，何继善.伪随机三频波激电法.中南工业大学学报.1995,26(2):157-160.

[38]徐振超.地下物探在有色金属矿山寻找隐伏矿体的应用.矿产与地质.2003,1:37-42.

[39]钟清,孟小红,姚敬金等.地物化综合信息在东天山西段的找矿预测结果.物探与化探，2006，30（1）：21-25.

[40]高珍权,方维萱,胡瑞忠等. 新疆东天山卡拉塔格斑岩型铜(金)矿成矿地质背景与找矿评价.地质学报,2006,60(1):90-100.

[41]王福同,冯京,胡建卫. 新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义.中国地质，2001，28（1）：36-39.

[42]朱裕生,王福同,龙宝林等.土屋-延东斑岩型铜(钼)矿床多源信息找矿模型.矿床地质，2003，22（3）：287-294.

[43]龙保林，薛迎喜，冯京等.新疆东天山斑岩铜矿的找矿模型试探.中国地质，2001,28(5):35-38.

[44]芮宗瑶，王福同，李恒海.新疆东天山斑岩铜矿带的新进展.中国地质，2001,28(2):11-16.

[45]李文铅,王冉,王核等.“吐哈天窗”卡拉塔格岩体的地球化学和岩石成因.中国地质，2006,33(3):559-565

[46]新疆哈密卡拉塔格地区铜金矿评价.北京矿产地质研究院内部资料

[47]王福同，庄道泽，胡建卫等.物探在新疆土屋地区铜矿找矿中的应用.中国地质，2001,28(3)：40-46.

[48]杨文采.地球物理反演的理论与方法.地质出版社，1997.

[49]杨文采.地球物理反演与地震层析成象.地质出版社，1989.

[50]王家映.地球物理反演理论.中国地质大学出版社，1998.

[51]徐世浙.地球物理中的有限单元法.科学出版社,1994

[52]周熙襄.电法勘探数值模拟技术.四川科学技术出版社，1986.

[53]黄春鹏，刘庆生，张克尧.福建紫金山铜金矿田地球物理地球化学特征及找矿模型.福建地质，1999,4(18):189-206.

[54]姚敬金，张素兰，曹洛华等.中国主要大型有色、贵金属矿床综合信息找矿模型.地质出版社，2002.

个人简历

1 个人简历：

周小平，男，汉族，1982 年 1 月出生于重庆市石柱土家族自治县。2004 年 6 月毕业于长江大学勘查技术与工程专业，获工学学士学位。2004 年 9 月至 2007 年 6 月在桂林工学院攻读地球探测与信息技术专业硕士学位。

2 攻读硕士学位期间参加的科研项目：

（1） 广西贺州市钟山县磁法找矿

（2） 广西贺州市钟山县龟石水库滑坡物探勘查

（3） 江西铜业集团项目：江铜集团富家坞铜矿采空区物探勘查

（4） 广西桂林市城市垃圾发电站钻孔波速测试

（5） 广西桂林市苏桥工业园溶洞物探勘查

（6） 英国力拓公司项目：新疆富蕴县希勒库都克铜金矿物探勘查

（7） 中国地质调查局项目：辽宁红透山铜矿强场源瞬变电磁法仪器（TEM-3）技术示范

（8） 中国地质调查局项目：青海省兴海县赛什塘铜矿物探勘查

（9） 中国地质调查局项目：新疆哈密市雅满苏 371 铜矿物探勘查

（10）中国地质调查局项目：新疆卡拉塔格地区铜金矿物探勘查

3 攻读硕士学位期间发表的学术论文：

周小平，陈卫，阮百尧，程志平.瞬变电磁法在安徽某区寻找隐伏矿的应用.中国地球物理(2006)，第 198 页，四川出版集团四川科学技术出版社.