

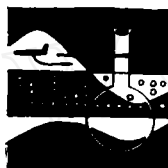
燕辽金矿带地质—地球物理特征

李 治 华

(冶金部第一地质勘查局·河北燕郊)

本文以地球物理资料为基础,以地质资料为依据,从规律着眼进行资料处理和解释,讨论了燕辽金矿带控制因素和金矿集中区的地质—地球物理特征。最后从3个不同类型金矿床的地球物理特征,了解矿带中各个矿床的地球物理共性与个性。

关键词: 燕辽金矿带; 地球物理特征



物探与化探

燕辽金矿带的范围系指河北省北部、辽宁省西部和内蒙古东南部地区。大地构造位置在华北地台北缘东段,包括内蒙地轴和燕山沉降带两个二级构造单元。矿带中已探明的17个大中型金矿床构成5个金矿集中区。无论金矿集中区还是金矿床,其区域地球物理场都有明显的特征和规律。研究这些特征和规律,对金矿的普查找矿不无裨益。

燕辽金矿带地球物理特征

燕辽金矿带实际上是一个金矿成矿区域。区内的矿床在地质环境、成矿作用,以及成因上有着密切的联系,因此可以作为一个成矿体系研究。

燕辽金矿带的范围南自北纬 40° ,北至 $42^{\circ}40'$,西自东经 114° ,东达渤海西岸。

1. 区域磁场特征

(1) 西起张家口,经昌平、北京,东达昌黎一线,是一条磁场特征分界线,其北磁异常轴向近东西,包括北西西及北东东向;南磁异常轴向北北东—北东。该分界线

推断为华北地台两个二级构造单元的分界线。该线以北为近东西向构造,包括内蒙地轴及燕山沉降带,其南以北东向或北北东向构造为主,包括山西中台隆及华北断坳。

(2) 东西向构造带的磁场特征表现为:北部西起张北,东至内蒙喀喇沁旗,构成一条完整的東西向磁异常带;南部西起赤城,北东至凌源,呈一向南弯曲的弧形磁异常带,总体轴向仍保持近东西向。青龙—凌源以东部分,既保留有东西向异常痕迹,又叠加上北东—北北东向构造,改造明显;再向东隔下辽河拗陷,与鞍本、抚顺太古界片麻岩遥相呼应。该带西端与内蒙大青山高磁异常带相对应。实际上这就是地质力学系统称为阴山纬向构造带的一部分。磁异常带的轴向就是太古界片麻岩内磁性层的走向,其稳定的走向表明东西向前寒武纪的构造形迹受后期地质运动改造较弱。

(3) 东西向构造带中的负磁异常带,西起康保东至凌源间的东西向构造带,由于太古界岩系上面没有盖层或盖层薄,因此呈现出明显的高磁场区,其中出现3条近东西向负磁异常带(图1)。

北带西起康保,经沽源、围场、喀喇沁

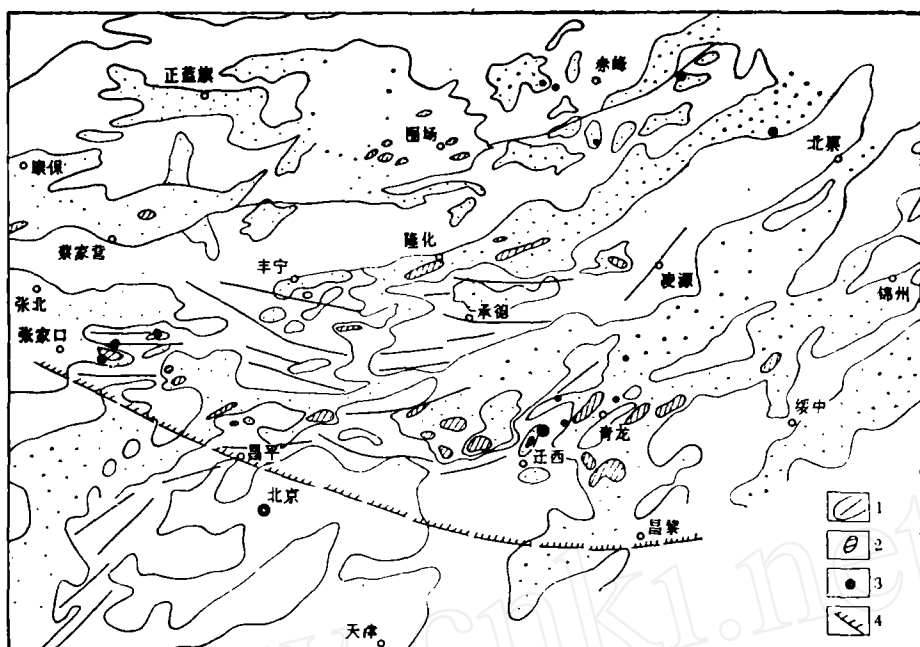


图 1 燕辽金矿带区域磁场特征

1—磁异常及其轴向；2—负磁异常及其中心；3—金矿床；4—构造分界线

旗，东达敖汉旗一带，宽约 50km。西段盛产含金多金属矿产，蔡家营大型含金多金属矿即在该带南缘。东段盛产金矿，如红花沟、莲花山、喀旗十家子、金厂沟梁、撰山子等大中型矿床。

中带西起张北，经丰宁、隆化，东达凌源，唯赤城—丰宁间不连续，宽 30~40km。西段尚未发现成型矿床，丰宁以东中小型金矿床广布。

南带西起张家口，经延庆、怀柔、迁西，东达青龙，宽约 20km。西端有小营盘、张全庄、东坪、金家庄；东端有金厂峪、牛心山、峪耳崖、柏杖子等大中型金矿。

太古界片麻岩中的这些负磁异常带，主要是由于具磁性的变质岩遭受热蚀变而退磁，以及热液活动中带入无磁性的硅质、碱质交代造成的，其中也包含沿带的酸性侵入岩（无磁—弱磁）引起的低磁场。总的来看，这 3 个负磁异常带表征了 3 条构造岩浆岩及蚀变带。

张家口、昌平、北京、昌黎一线以南的

北东向及北北东向磁异常，属燕辽金矿带范围以外，故不详细讨论。

2. 区域重力场特征

区域布伽重力异常经解析延拓、方向导数区域场圆滑及剩余重力异常等处理结果表明：

(1) 重力场值由西向东逐渐升高，受 3 条北东—北北东向重力梯度带控制，即太行山经昌平、丰宁直达西拉木伦河的北东—北北东向巨型重力梯度带；青龙—凌源北北东向重力梯度带；昌黎、秦皇岛—锦州重力梯度带（北北东向）。

(2) 重力场由南向北逐渐降低，由张家口—北京—怀柔—遵化直达青龙重力梯度带和丰宁—隆化—凌源重力梯度带两条近东西向重力梯度带，分割成由南至北的 3 个台阶，每个台阶内重力场在一个平均值上下变化。

(3) 由 3 条北东—北北东向及两条近东西向重力梯度带将区域分成 5 个断块（图 2），即西部断块、南部断块、北部断块、

冀北断块和辽西断块。根据深地震测深结合重力反演,几个块区地壳的厚度是:西区42~44km;南区34~36km,局部达38km;北区36~37km;冀北区37km;辽西区35~36km。尽管不同研究者采用不同的反演方法,计算结果也稍有差异,但总的格局是一致的。

(4) 块区与块区之间被明显的重力梯度带所分开,说明地壳厚度变化剧烈,如太行山重力梯度带已为黄海至海原深部地震测深剖面证实为一切割地壳达上地幔的壳型深断裂;昌黎—锦州重力梯度带已被张家口—秦皇岛转换波测深剖面证实为一壳型深断裂。不难推断块区之间多为深断裂所分开。

(5) 5个金矿集中区及17个大中型金矿床都沿断块的边缘分布。一系列中小型矿床及矿点无不遵循这一规律。

从天然地震转换波法所推断的地壳结构可以看出,西部、南部两断块在下地壳中存在一个C₁界面,而冀北与辽西断块则缺少这一界面,仅有一个C界面(相当于硅镁层

的玄武岩界面)。这种地壳结构对区域成矿有什么影响,尚待进一步研究。

综合重、磁结果可以得出如下结论:

1. 张家口—北京—昌黎一线重、磁结果均反映出地台内二级构造分界线特征,该线以北属阴山纬向构造带,其南为北东向—北北东向构造体系。

2. 张家口—北京—昌黎以北地区,即燕辽金矿带范围,重、磁结果表征不同的地质特点。重力场反演的深部构造格架与磁法结果表现的上地壳表层构造不一致,说明前寒武纪东西向构造的形成,受深部构造影响不大。而深部构造对表层的影响表现为沿各块区边缘,后期地质运动使断裂复活,产生一系列构造岩浆岩带,控制金矿床分布。

3. 构造—岩浆杂岩带都伴随着明显的区域性负磁异常带,对带中的基性、超基性以及中性岩浆岩表现出局部正磁异常、负磁异常带,与地质块区边缘及岩浆岩带基本一致。这三者空间上的重合不是偶然的,而是互相联系的地质事件的演变结果,成为金矿

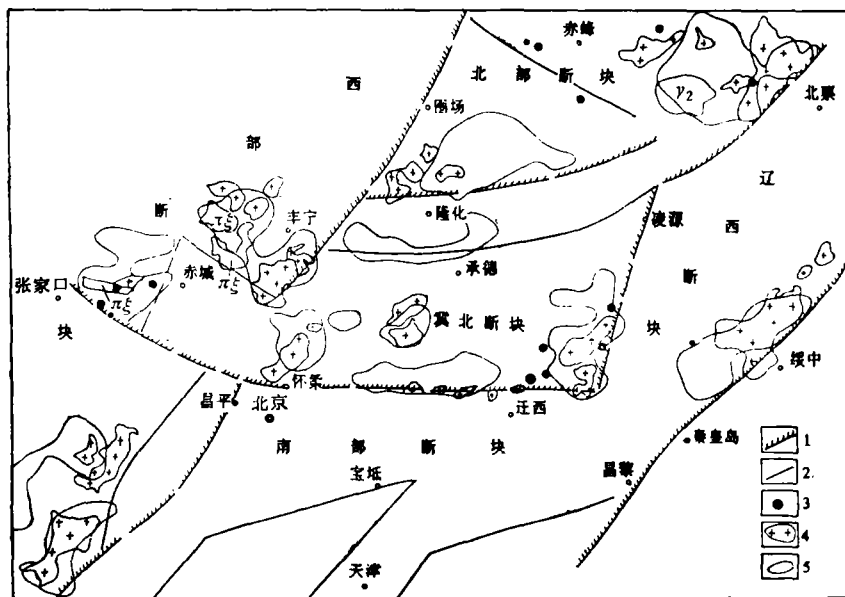


图2 燕辽金矿带重力异常场

1—断块界线; 2—大断裂; 3—金矿床; 4—花岗岩; 5—局部重力低

成矿的重要标志。

金矿集中区的地球物理特征

金矿集中区是指受一个主导地质事件控制的金矿床分布集中区,其范围相当于矿田或略大的区域。燕辽金矿带内的金矿集中区已探明的金矿储量大于 20t 的共有 5 个(包括太行山北段的一个区域):①宣化集中区;②石湖集中区;③都山集中区;④赤峰西南部集中区;⑤敖汉集中区等。

金矿床沿着断块边缘分布,这是一般性规律,但是金矿集中区还有一个突出特点,即金矿床围绕局部重力低周围分布。根据重力异常向上延拓 50km 与实测比较及用 $40 \times 40\text{km}$ 窗口圆滑所获得剩余重力异常综合讨论其特征。

宣化金矿集中区位于西部断块与南部断块以及冀北断块的交汇地区,局部重力低范围 3300km^2 , $\Delta g_{\min} = -14 \cdot 10^{-5} \text{m/s}^2$,在其南缘有小营盘金矿、东榆树坪金矿、金家庄—后沟金矿、张全庄金矿等大中型金矿床及小型金矿床数处。金矿床赋存在北西向负磁异常区内及其边缘, $\Delta T_{\min} = -400 \text{nT}$ 。局部重力低南半部出露有近东西走向的碱性杂岩体 $\gamma_1^{\frac{1}{2}}$ 及混合花岗岩 γ_{1-2} , 岩体周围为太古界桑干群 Ar_1 。小营盘金矿、张全庄金矿属石英脉型;东榆树坪金矿、后沟金矿为碱性杂岩中具明显钾化的细脉状矿床。

石湖金矿集中区位于西部断块与南部断块交界处的西部断块内。局部重力低范围 1000km^2 , $\Delta g_{\min} = -30 \cdot 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。石湖金矿床位于局部重力低东南边缘,属大型矿床。负磁异常区范围比局部重力低范围大,矿产地处 $\Delta T_{\min} = -100 \text{nT}$ 。局部重力低内有两个花岗岩体 $\gamma_1^{\frac{1}{2}}$ 及花岗闪长岩 $\gamma_2^{\frac{1}{2}}$ 。岩体周围分布太古界阜平群 Ar_1 。矿床主要为蚀变岩型。蚀变主要为黄铁绢英岩化。

都山金矿集中区位于南部断块、冀北断块与辽西断块的交汇处。局部重力低范围为

2000km^2 , $\Delta g_{\min} = -14 \cdot 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。金矿床围绕其四周分布,有金厂峪金矿、峪耳崖金矿、牛心山金矿、三家子金矿、柏杖子金矿等大中型金矿。每个矿床附近都有中—小花岗岩株相伴,是该区的一个显著特点。矿床皆位于负磁异常区内, $\Delta T_{\min} = -380 \text{nT}$ 。局部重力低部位出露花岗岩体 $\gamma_1^{\frac{1}{2}}$, 周边为桑干群。矿床为石英脉型,矿体产在太古界(金厂峪、三家子)、元古界及岩体(柏杖子)、 $\gamma_1^{\frac{1}{2}}$ 花岗岩(峪耳崖)、太古界 Ar_1 及花岗岩 $\gamma_1^{\frac{1}{2}}$ 中(牛心山)。

赤峰西南部金矿集中区位于西部断块、冀北断块与北部断块交汇处。隆化、围场与喀喇沁旗之间局部重力低范围 3500km^2 , $\Delta g_{\min} = -10 \sim -15 \cdot 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。局部重力低的东部被较大的花岗岩 $\gamma_1^{\frac{1}{2}}$ 占据,其西边缘及中部仅见小花岗岩株。在岩体北端花岗岩内产有喀喇沁旗南大洼蚀变岩型金矿及大水清石英脉型金矿。重力低的北部太古界片麻岩中产有红花沟、莲花山石英脉型金矿,但这两个矿距局部重力低稍远,受一个二级重力梯度带控制。矿床都处在高磁场背景中局部负磁异常 $\Delta T_{\min} = -100 \text{nT}$ 中。

敖汉金矿集中区位于辽西断块与北部断块的衔接部。局部重力低范围 3000km^2 , $\Delta g_{\min} = -18 \cdot 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。其东南部有印支期花岗岩体 γ_1 分布,其余部位岩体呈小岩株。金厂沟梁石英脉型金矿分布于局部重力低的东南缘,处于 $\Delta T_{\min} = -100 \text{nT}$ 的负磁异常中。撰山子金矿分布于局部重力低的西北缘,处于 $\Delta T_{\min} = -100 \text{nT}$ 的负磁异常中。该矿床赋存于上古生界地层中,按传统划法应属于兴蒙地槽区。但从区域重、磁结果看,华北地台与兴蒙地槽分界线应在西拉木伦河,东延过下辽河拗陷达延吉是比较自然的。因此撰山子金矿应在地台的盖层中。

上述结果说明了一个重要事实:金矿集中区均分布在两个断块的衔接处,或三个断块的交汇处,并有面积达几千平方公里的圆

形、椭圆形局部重力低。这些局部重力低范围内均见到规模不等、时代不同的酸性或碱性侵入体，其密度比片麻岩低 $0.05\sim 0.15\cdot 10^3\text{kg/m}^3$ ，据此可以推断局部重力低可能与隐伏的酸性或碱性侵入体有关，或者与硅、碱质交代有关。各种金矿床围绕其周围分布，并不受盖层的岩性和时代影响。说明引起局部重力低的地质因素是金矿集中区的主导因素。

上述金矿集中区的特点，在华北地台北缘东端吉林夹皮沟金矿集中区，华北地台东缘胶东招掖金矿集中区，都有显示，说明这一地质—地球物理规律在华北地台上可能有普遍意义。

燕辽金矿带内还有几个局部重力低，仍有找矿前景，辽西建昌县的两个局部重力低正在开展找矿工作，其远景已达中型。

应该指出，长带状局部重力低，虽也有花岗岩类侵入体分布，但迄未发现中型以上矿床，多数是3t以下的小型矿床。

金矿床的地球物理特征

由于金矿床类型、规模不同，难以采用一个统一的找矿方法，但各种矿床也有共同的特征。如大多数金矿床普遍存在与金矿关系密切的硅化，石英脉与硅化都具高阻特征；大多数大中型金矿都具有明显钾化—绢云母化， γ 能谱在蚀变带上有3~8%的钾异常显示；黄铁矿化普遍存在，但硫化物多少不一，当埋深、规模合适时常有中等—弱激发极化异常显示；蚀变作用使磁铁矿转化为黄铁矿，无磁硅碱质交代等使具磁性的古老片麻岩退磁，围绕矿床形成高背景磁场上的负磁异常区。由于矿床或埋深大或规模小，有时物探不能发现明显异常。下面讨论几个不同类型矿床实例供研究。

金厂峪金矿为太古界地层中的石英复脉带型金矿，位于张家口—青龙东西向重力梯度带附近。东北部为都山局部重力低。1/5

万重力结果在矿区西部发现 $-15\cdot 10^{-5}\text{m/s}^2$ 的局部重力低，范围 90km^2 。距金矿2~3km，重力低表现为负磁异常，与青山口花岗岩一致。金矿床上有 $1.5\sim 2\cdot 10^{-5}\text{m/s}^2$ 局部重力低异常，范围约 30km^2 ，呈长条状，与断裂系走向和范围一致。磁异常在金矿床上为高背景场中的负磁异常，呈似椭圆状， $\Delta T_{\min} = -300\text{nT}$ 。范围略小于重力低，两者中心部位重合。1/5万金分散流异常浓集中心与负磁异常中心一致，在局部重力低中心偏北三者重合的地段，即为金厂峪金矿主矿带分布区。主矿带南延部分，重力异常仍清晰南延，负磁异常与分散流异常均拖个长尾巴南去，南延部分已发现小型金矿床。地面 γ 能谱测量结果表明该区钾异常比其他地区低，矿带上方钾增高，铀、钍降低。K/Tb、K/U及 $K^2/\text{Th}\cdot\text{U}$ 的数据经处理后，4条矿带上都有清晰的异常，其宽度与矿带宽基本一致，较好地反映出矿带的位置和界线。 $K^2/\text{Th}\cdot\text{U}$ 异常与K/Th异常形态边界基本一致。

后沟金矿位于赤城县，为产于碱性杂岩体内的钾质蚀变岩型金矿，处于张家口、昌平、怀柔、遵化、迁西区域重力梯度带西端，宣化局部重力低的东缘，东西向负磁场中。详细地球物理勘查说明，矿区分南、中、北3个矿带。后沟金矿位于北矿带西端（图3a）；南矿带局部地段钻探工程揭露出具工业价值的金矿床；中矿带的远景尚未查清。每条矿化带长1.5~2km，大致平行。矿化带的地球物理特征是：①电阻率高阻异常带；②高阻异常带中有断续的激发极化异常，一般 $\eta_v = 1\sim 1.5\%$ ，个别达3%；③伴随明显的钾异常8~10%，形成三者空间组合的综合异常带。这是明显的矿化带标志。工业矿体位于异常带中3种异常共同出现的地段，这已为后沟、北沟、西水沟矿床所证实。说明金矿床与硅化、钾化、黄铁矿化密切相关。从图3b可以看出，矿体上显示高阻高

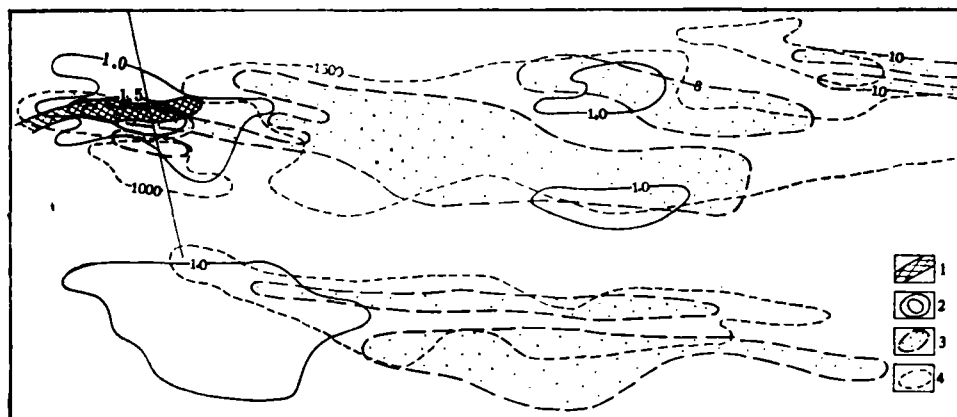


图 3a 后沟金矿床地球物理调查成果

1—金矿体；2—激电异常等值线；3—钾异常等值线；4—视电阻率等值线

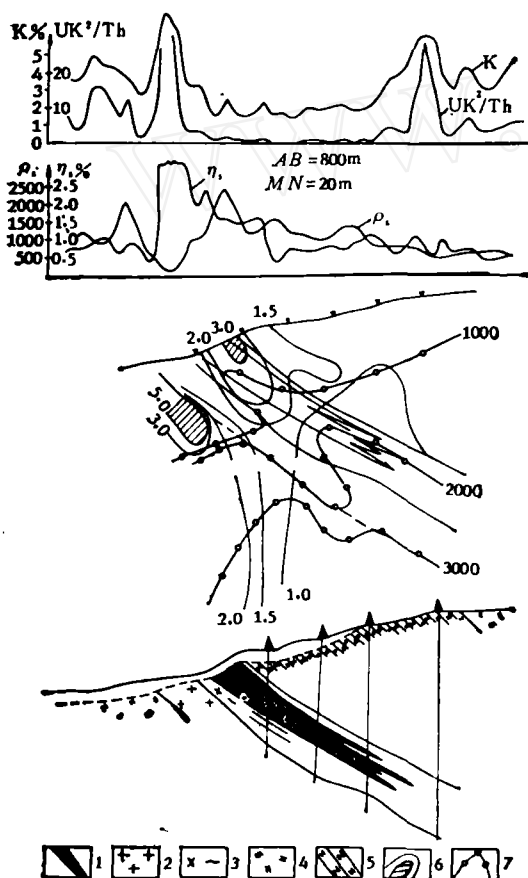


图 3b 后沟式金矿地球物理特征

1—金矿体；2—斑状花岗岩；3—钾化蚀变体；
4—二长岩；5—斜长角闪岩；6— η ，等值线；
7— ρ_s 等值线

极化率异常，经坑道中极化率测定矿体极化率为3~4%，围岩小于1%，靠近矿体下盘钾增高。矿体下盘出现极化率与钾的高值异常，电阻率低阻。从测深断面图看到极化率异常分布在矿体上半部，高阻异常则普遍在矿体上方（断面采用CDFP方法处理）。下盘低阻高极化体尚未验证。从断面图上还可以看到二长岩体的分界面。

辽宁建昌县南大线金矿床产于侏罗系中统髯髯山组安山岩、安山质角砾岩中，属含金破碎带蚀变岩型矿床。金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、自然金。脉石有石英、绢云母、绿泥石等。围岩蚀变有硅化、黄铁矿化、钾长石化、绿泥石化、碳酸盐化等，前三者与金矿关系密切。矿体为脉状。

矿床位于局部重力低的西北边缘、东西向负磁异常带中。矿床东端接近花岗闪长岩体。矿区物化探详查结果表明，金矿脉分布于负磁场背景的西南边缘。甚低频倾角法在矿带上获得明显的倾角 D 及磁场 H_z/H 异常（图4a）。该异常向矿床的西南及东北方向继续延伸，表明向西、向东都有扩大远景的潜力。另外，化探次生晕金异常也随倾角法异常分布，最近在西延部分钻孔验证见矿。在已知矿外围发现一个马蹄形甚低频倾角 D 及 H_z/H 异常，断续分布有金次生晕

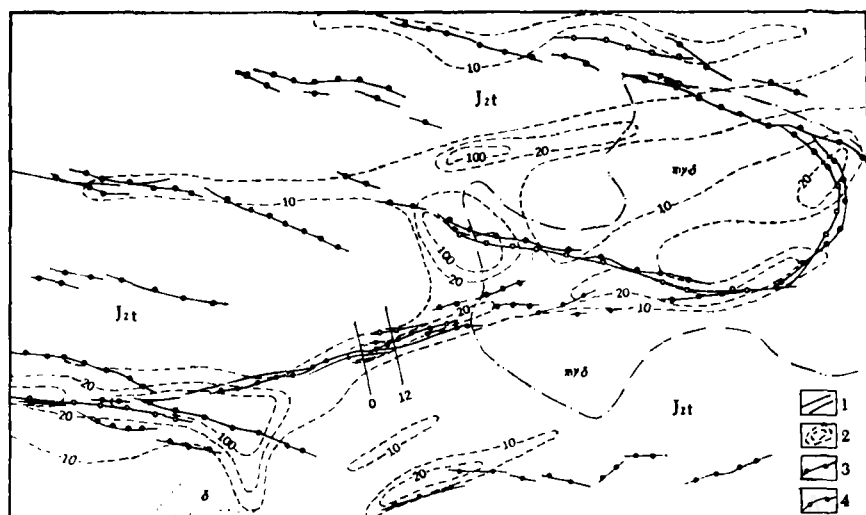


图 4a 南大钱金矿床物、化探异常图

1—金矿化体；2—金异常（次生晕）；3—VLF $\bar{D}$ 电轴；4—VLF H_z/H_0 轴； $\pi\gamma\delta$ —花岗闪长岩， J_2t —中侏罗统火山岩

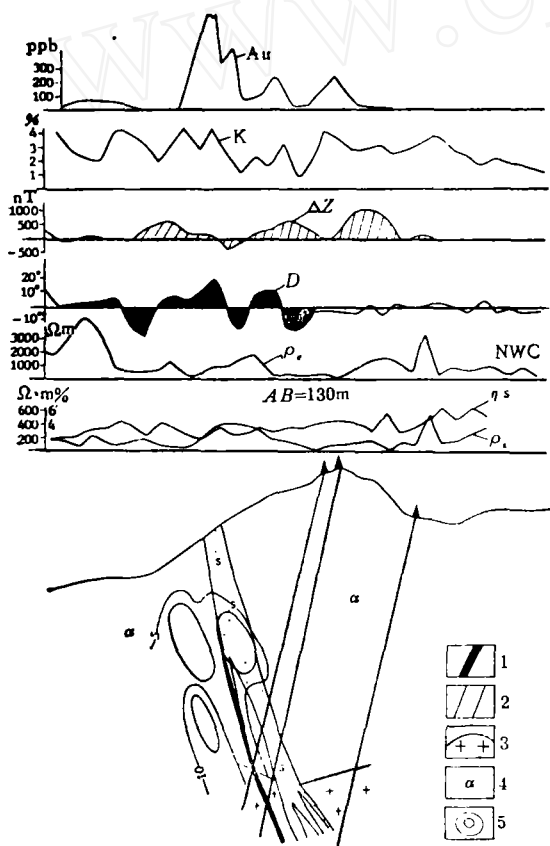


图 4b 南大钱金矿地质—物探剖面图

1—金矿体，2—蚀变带，3—花岗岩，4—安山岩，5— η_s 等值线

异常，可望成为新的找金远景区。地质调查研究认为，该马蹄形异常西端南部的三道盘，以及北部的小鞍及东部转弯处的杜杖子，都是一级有望区。

从矿床的详细剖面研究（图4b）可以看出，矿体上有明显倾角法异常，波阻抗法计算的剖面电阻率结果与 $AO=65m$ 极距四极法观测结果一致。表明矿体上盘硅化强烈，破碎带在成矿中被蚀变而硅化。 $AO=65m$ 激发极化法无明显异常，但测深剖面在深部出现明显激发异常。磁测在蚀变带上获得 $-200nT$ 的负磁异常。这些异常与化探Au异常一致。表明金矿成矿与硅化、钾化、黄铁矿化关系密切，同时反映出由于热液蚀变造成安山岩原磁性减退的热力蚀变区。

综合上述地球物理特征，无论是研究金矿带分布，确定金矿化集中区，还是进行矿床的具体找矿，合理运用综合物探方法，都能获得比较满意的结果。作者深信，通过金矿物探的扩大实践与研究，物探在找金矿上大有作为。