

# 山东招掖金矿带物化探方法的 应用及找矿效果

张 德 宏

(山东冶金地质勘探公司)

## 前 言

所谓山东招掖金矿带系指山东烟台地区西北部招远、掖县一带,大体为东经 $119^{\circ}48'$ ~ $120^{\circ}30'$ ,北纬 $37^{\circ}05'$ ~ $37^{\circ}35'$ ,东西长约60公里,南北宽约35公里。

该区盛产黄金驰名中外,据记载玲珑金矿从明朝天启年间即被开发利用。解放前,虽然中外学者进行过多次考查,但由于科学技术水平较低,工作方法和工作量有限,找矿进展不大。解放后,党和国家非常重视黄金资源的开发利用,先后由地质、冶金系统所属地质队、物探队、研究所、大专院校等投入了大量的地质、物探、化探、槽井坑探、钻探等找矿手段,开展了由踏查、普查、详查、评价、勘探到综合研究逐步深入的大量工作。多年来,地质、物探、化探紧密配合,不仅发现了一批石英脉型金矿,而且发现了一大批规模较大的蚀变岩型金矿。

矿带内大、中、小型金矿床、矿点星罗棋布,目前已探明储量约占全国储量的 $\frac{1}{4}$ 以上。特别是破碎带蚀变岩型金矿的发现与突破,展现了招掖地区寻找黄金资源的广阔前景。我公司自八〇年以来工作重点由以铁为主转为找金,工作区由鲁中转入胶东,物化探也转入黄金普查找矿工作。几年来,我们在实践中摸索出一套物化探找金方面的实际工作方法,并初步获得了较好的找矿效果。

## 一、根据不同的地质、地貌条件,合理使用物化探方法

物化探是地质找矿中发展起来的应用科学,无疑是行之有效的找矿方法,但由于方法原理和仪器设备的局限,对地质前提和地貌条件都有严格要求。因此,按照不同的地质、地貌条件,进行物化探合理布局,紧密结合,扬长避短是就能获得较好的地质效果。实践证明,化探在金矿找矿中更是不可缺少的手段。

招掖金矿带频邻渤海,为海洋性气候,由于长期内力与外力作用的矛盾平衡,形成了北高南低的地形。北部招远与黄县交界处为玲珑花岗岩和胶东群地层组成的山地,一般海拔400米左右,最高可达756.5米,坡度多为 $20^{\circ}$ ~ $70^{\circ}$ ,沟谷纵横,地形切割强烈,大部分为基岩裸露,基岩出露面积约占50—60%,多数矿化蚀变带和矿体被剥露。矿带中部招平断裂带和北截灵山沟断裂带附近,为玲珑花岗岩和郭家岭花岗岩的出露区,往往形成低丘和准平原地貌,地势平缓,剥蚀与搬运速度趋于平衡,地表形成厚度不大的残坡积层,土壤剖面发育不

完整,一般缺失A、B两层。矿带的南部、西南部,特别是三山岛断裂与黄县弧形断裂带之间为海滨平原,地势平坦,外力作用以沉积为主,一般为第四系复盖,第四系厚度在1~20米不等,土壤主要为砂质壤土。

根据招掖地区山地、丘陵、平原三种不同的地貌和地质特点,根据物化探方法的有效性,采用了不同的物化探方法。北部山区,我们选择原生晕方法查断裂破碎蚀变带的含矿性;中部丘陵区,在已查明的控矿断裂带附近,根据区带地球化学测量的成矿预测资料,布置化探次生晕工作,当次生晕成果出来以后,根据异常所处的地质条件和异常组合特征,选出具有找矿意义的异常,用激电剖面进行检查评价,确定矿体、矿化体或硫化物富集带的规模和产状,了解矿体、矿化体向深部的延伸情况。平原区,控矿断裂构造被掩埋,常规化探方法虽能获得异常,但对异常性质及找矿意义很难确定,因而找矿难度较大。根据断裂构造控矿的特点,我们首先投入电阻率联合剖面法与高精度磁测相配合圈定隐伏控矿构造,再根据推断出的断裂破碎带布置激电面积工作,以确定控矿断裂破碎带中的硫化物富集地段,并在有望激电异常区做热释汞和原生晕剖面(一般用增光钻取样),用来确定激电异常是否由矿体或矿化体引起,提出异常验证意见。下面以玲珑金矿田原生晕、招平断裂南段次生晕和焦家村东激电异常为例,谈谈物化探取得的地质效果。

## 二、物化探的地质效果

### (一) 玲珑金矿田化探原生晕的地质效果

#### 1. 矿田地质概况(图1)

玲珑矿田位于鲁东地盾西缘,沂沭断裂带东侧,掖县—栖霞复背斜的北翼,招掖金矿带的东部。

矿田面积约70平方公里。胶东群古老变质岩系地层多呈残留体存在于混合花岗岩中,仅在矿田东部大面积出露。玲珑混合花岗岩分布广泛,郭家岭花岗岩在矿田西北部零星出露。矿田内岩脉发育,主要有闪长(玢)岩脉、辉绿岩脉、煌斑岩脉、伟晶岩脉、花岗斑岩脉、细晶岩脉、石英脉。

矿田内的构造以发育在花岗岩中的断裂、裂隙为主,按其规模形态、展布方向和生成关系,可相对划分成一、二、三级构造,这三级构造控制玲珑金矿田的生成。其中一级构造破头青断裂和玲珑断裂控制矿田的发生与发展。二、三级构造成群成带出现,延长大于50米的断裂有450多条,可分为14大脉系,沿着这些断裂破碎带有程度不同的金矿化和赋存有金矿体。矿体形态复杂,主要有透镜状、脉状等,规模大小不等,沿走向和倾向都具有明显的膨缩现象。矿石类型主要有含金石英脉和含金蚀变岩两种,含金蚀变岩型多分布在玲珑断裂以东和破头青断裂之间,含金石英脉型多分布在玲珑断裂以西,多数矿体是两种类型的复合,矿石主要类型为贫硫金矿。围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化,其次为碳酸盐化和绿泥石化。与金相伴生的金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、辉铋矿及银金矿等,矿石有益组份为Au、Ag、S、Cu,有害组份为Pb、Zn、As,

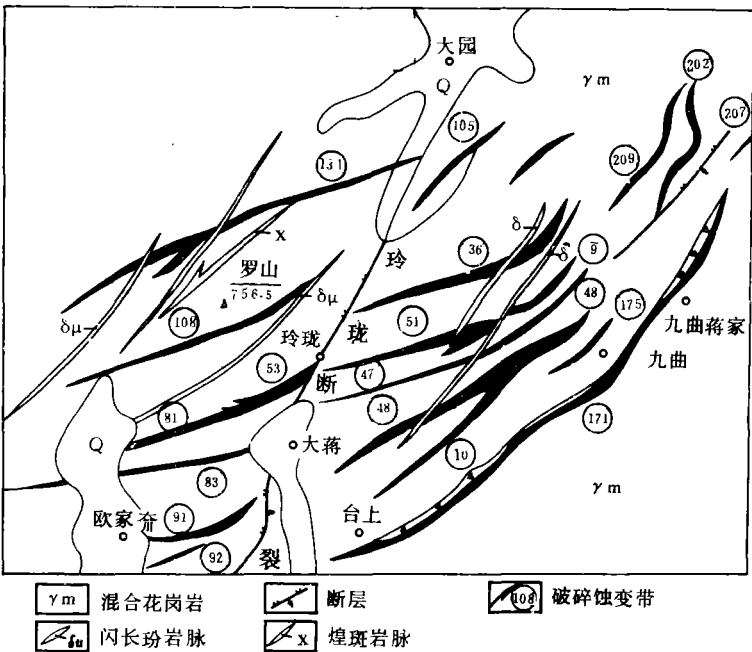


图 1 玲琅金矿田地质略图

金矿物主要为银矿和自然金。根据矿石内矿物、结构、构造和相互穿插关系，初步认为该区分四个成矿阶段：①少量金—石英—粗晶黄铁矿阶段；②石英—黄铁矿阶段；③金—石英—黄铁矿阶段。④碳酸盐化阶段。 金矿类型为中温热液充填交代型。

2.金及微量元素在岩石和矿石中的分布分配

该矿田不同系统的地质队、大专院校、科研部门对主要岩矿石的微量元素均进行了测定,测定结果虽然 不尽相同,但悬殊不大。(见附表1、2)

主要岩石微量元素含量表 ( ppm) 表 1

| 岩石名称    | 分析单位      | Au      | Ag     | Cu  | Pb  | Zn  | As    | Ba   |
|---------|-----------|---------|--------|-----|-----|-----|-------|------|
| 胶东群地层   | 物探公司      | 0.017   | 0.218  | 38  | 27  | 78  | 1.310 | 917  |
|         | 地质六队      | 0.019   | 0.022  | 47  | 36  | 97  |       | 327  |
| 玲琅花岗岩   | 物探公司      | 0.00497 | 0.133  | 10  | 9   | 49  | 2.003 | 696  |
|         | 地质六队      | 0.016   | 0.041  | 17  | 26  | 22  |       | 1922 |
| 郭家岭花岗岩  | 物探公司      | 0.005   | 0.065  | 7   | 6   | 25  | 2.020 | 605  |
|         | 地质六队      | 0.037   | 0.058  | 23  | 23  | 53  |       | 2589 |
| 蚀变玲琅花岗岩 | 冶金二队      | 0.242   | 0.500  | 43  | 199 | 112 |       |      |
| 煌斑岩脉    | 物探公司      | 0.3118  | 0.533  | 102 | 156 | 488 | 4.780 | 658  |
|         | 冶金二队      | 0.2219  | 0.3134 | 36  | 124 | 186 |       |      |
| 花岗岩类    | 维氏 (1962) | 0.0045  | 0.05   | 20  | 20  | 60  | 1.5   | 830  |
| 地 壳     | 维氏 (1962) | 0.0043  | 0.07   | 47  | 16  | 83  | 1.7   | 650  |

玲珑金矿田矿石微量元素含量表 (ppm)

表 2

| 矿床<br>名称 | 矿石类型 |     | Au    | Ag    | Cu        | Pb         | Zn         | As     | S (%) |
|----------|------|-----|-------|-------|-----------|------------|------------|--------|-------|
|          | 主要   | 次要  |       |       |           |            |            |        |       |
| 53、56号脉  | 石英脉  | 蚀变岩 | 10.08 | 29.85 | 2200      | 1430       | 2485       | 145    | 13.77 |
| 玲珑大开头    | 石英脉  | 蚀变岩 | 3—20  | 14.67 | 1000—4500 | 1900—14700 | 6800—13600 | 75—400 | 3—15  |
| 108号脉    | 石英脉  | 蚀变岩 | 15.08 | 58.0  | 4500      | 1000—5100  | 1500—10000 |        | 3—5   |
| 九曲矿段     | 蚀变岩  | 石英脉 | 15.55 | 8.02  | 1500      | 600        | 400        | 60     | 7.84  |
| 破头青矿段    | 蚀变岩  |     | 6.44  | 3.23  | 311       | 1841       | 1103       |        |       |
| 52号脉     | 蚀变岩  | 石英脉 | 18.46 | 8.16  | 10—80     | 微          | 微          | 微      | 4.24  |
| 10号脉     | 蚀变岩  |     | 17.67 | 11.94 | 167       | 1936       | 3459       |        | 12.54 |

由测定结果表明:

(1) 玲珑花岗岩和郭家岭花岗岩微量元素含量相差无几, 唯金略高于一般花岗岩的平均值, 岩体本身不能形成异常。

(2) 胶东群地层的微量元素略高于花岗岩, 能形成弱异常, 但矿田内胶东群地层多呈小残留体产出, 对寻找含金蚀变带的地化异常干扰不大。

(3) 煌斑岩脉微量元素丰度高, 多呈中等强度的异常, 对直接找金是一种干扰, 但这些脉岩在空间上的分布与金矿脉关系密切, 是一种间接找矿标志。

(4) 经蚀变后的花岗岩, 其金和微量元素的含量明显增高, 能形成异常, 这些异常乃是该区找金的重要地化标志。

(5) 各类金矿石中 Au、Ag 的丰度高出围岩百倍甚至千倍以上, Cu、Pb、Zn 一般高出围岩几十倍, 在矿体上呈现出强度高, 元素组合齐全的异常, 这些矿异常即为直接找矿的地化标志。

### 3. 化探原生晕方法的选择

玲珑矿田目前已探明储量××吨, 还未提报告控制储量××多吨, 但大部分破碎蚀变带仍未进行评价, 为了评价已知蚀变带之含矿性和寻找隐伏矿化蚀变带, 打开玲珑矿田金矿找矿的新局面, 我们共做化探原生晕详查 55 km<sup>2</sup>, 根据蚀变带狭长 (宽度一般为几米至数百米不等) 的特点, 选择比例尺 1: 2 千, 测网 40×5 米。采样时若无基岩出露, 下挖 50 厘米, 如仍不见基岩, 该点等异常平面图圈出后, 在异常不衔接部位用增光钻补样。样品主要分析 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Ba、Mn 九种元素, 验证异常的精确剖面增加分析 As、Se、Te、Sb 五种元素。

### 4. 化探原生晕找矿效果

工作面积中目前已整理出资料的有 26.28 km<sup>2</sup>, 圈出异常 438 个, 其中已知矿异常和推断矿异常 117 个, 占异常总数的 27%, 有一定找矿意义的异常 288 个, 占异常总数 65%。

根据化探原生晕异常, 对玲珑大开头破头青矿段进行钻探验证, 84 年共设计施工钻孔 32 个, 年底竣工 18 个, 见矿孔 14 个, 钻孔见矿率 77.8%, 85 年施工的钻孔又见到较好的工业矿体,

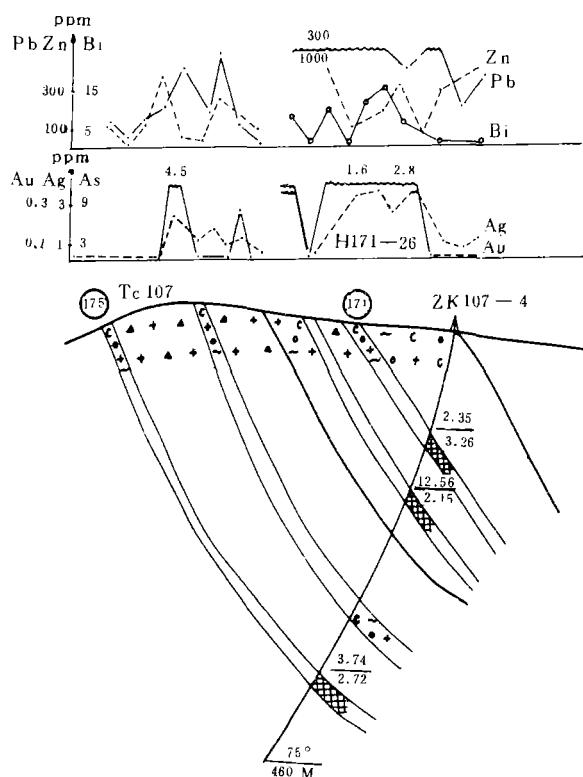


图2 玲珑107线地质原生晕剖面图

业矿体，第一层斜厚3.26米，金品位2.35 g/t，第二层斜厚2.15米，金品位12.59 g/t。（如图2）

再如H 48-10号异常，为Au、Ag、Cu、Mo、Pb、Zn组合异常，各元素的极大值分别为：Au > 10 ppm，Ag 9 ppm，Cu 1000 ppm，Mo 15 ppm，Zn 120 ppm，Pb 55 ppm。该异常位于48#、50#脉交汇部位，推断为矿异常。在113线施工了ZK 113-1号孔、ZK 113-0号孔，ZK 113-1见矿两层，较好的一层斜厚5.69米，金品位32.04 g/t；ZK 113-0号孔，见矿6层，较好的一层斜厚6.37米，金品位3.82 g/t，证明该异常是由矿体引起。（如图3）

**B. 寻找深部盲矿体** 这类异常的特点是元素组合不齐全，As、Pb、Zn异常值高，Au、Ag异常值低，为矿体前缘晕。如171号脉9线异常为Au、As、Ag、Cu、Pb、Zn异常，各元素异常极大值Au 0.17 ppm，Ag 0.7 ppm，As > 10 ppm，Pb 1000 ppm，Zn 600 ppm，Cu 80 ppm，经ZK 15、ZK 16号孔验证在295米见到工业矿体。（见附图4）再如H 10-13号异常，为Pb、Zn、Ag、Cu组合异常，无Au异常，Pb、Zn较高，Pb异常极大值1200 ppm，Zn 120 ppm，Ag 0.5 ppm，Cu 520 ppm，地表未见蚀变带，推断为矿至异常，将ZK 191

地质效果是令人满意的。原生晕的地质效果归纳起来有以下几个方面。

（1）直接找矿：矿田内蚀变带矿体、矿化体部分出露地表或埋藏较浅，化探原生晕信息直观，可直接找矿。

**A. 一般强度高、连续性好、元素组合齐全的异常**对应着出露地表的矿体或矿化体。它有类似利用高磁异常找浅部磁铁矿的特点。

例如：H 171-26号异常，位于171号蚀变带上，为Au、As、Ag、Pb、Zn、Cu、Bi、Mo、Ba综合异常，异常规模500米×80米，各元素异常极大值分别为Au 1.85 ppm，As > 10 ppm，Ag 8 ppm，Pb 3000 ppm，Zn 2000 ppm，Cu 100 ppm，Bi 13 ppm，Ba 2000 ppm，Mo 1 ppm，推断为浅部矿异常，经TC 107、TC 113和ZK 107-4号孔验证见到工

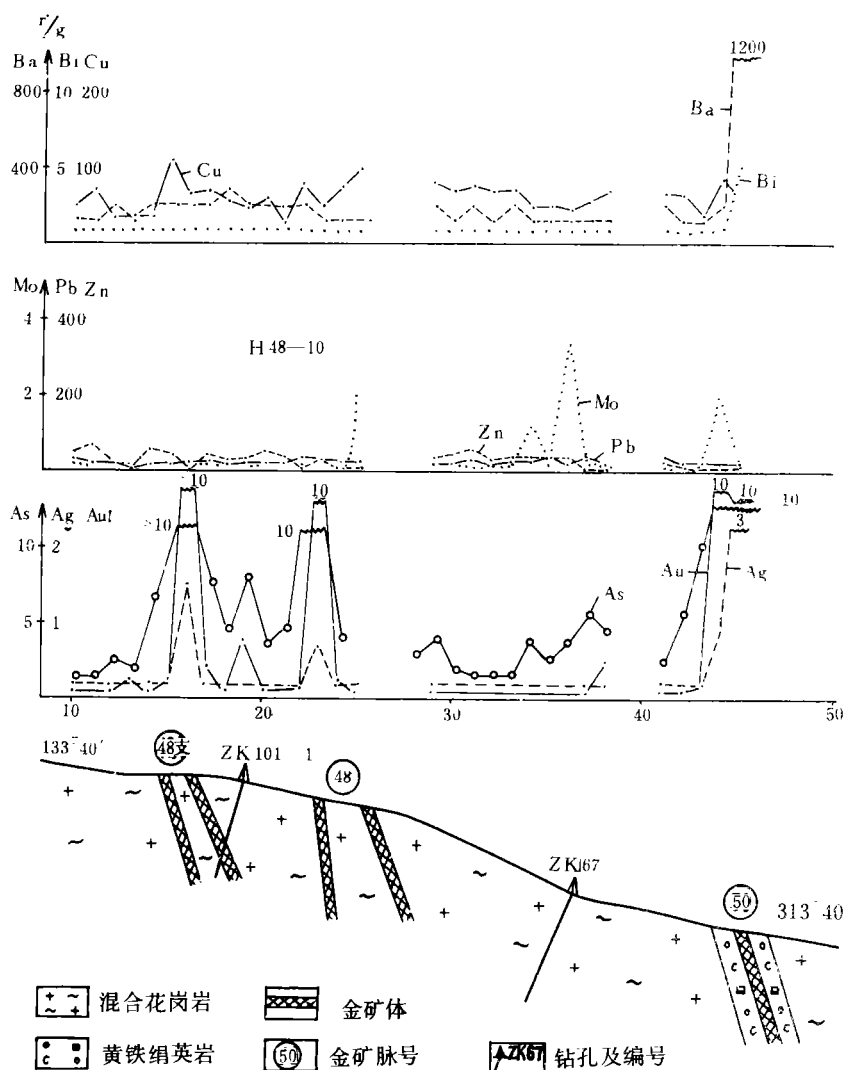


图3 48线地质化探原生晕综合剖面图

—1号孔由320米加深，目的验证异常指示的隐伏矿化蚀变带深部，结果在401.85米、453.10米见矿两层，较好的一层斜厚1米，金品位7 g/t。

总之，出露矿或掩埋矿，地表均有原生晕异常反映。范围大、强度高、组分全的异常为露头矿或浅部矿的异常，As、Pb、Zn的高值和Au、Ag弱异常是深部盲矿体的反映。

(2) 间接找矿：因为原生晕对矿化甚至微弱的矿化都有异常反映，因此能评价蚀变带的含矿性和找出蚀变带中的具体矿化地段。

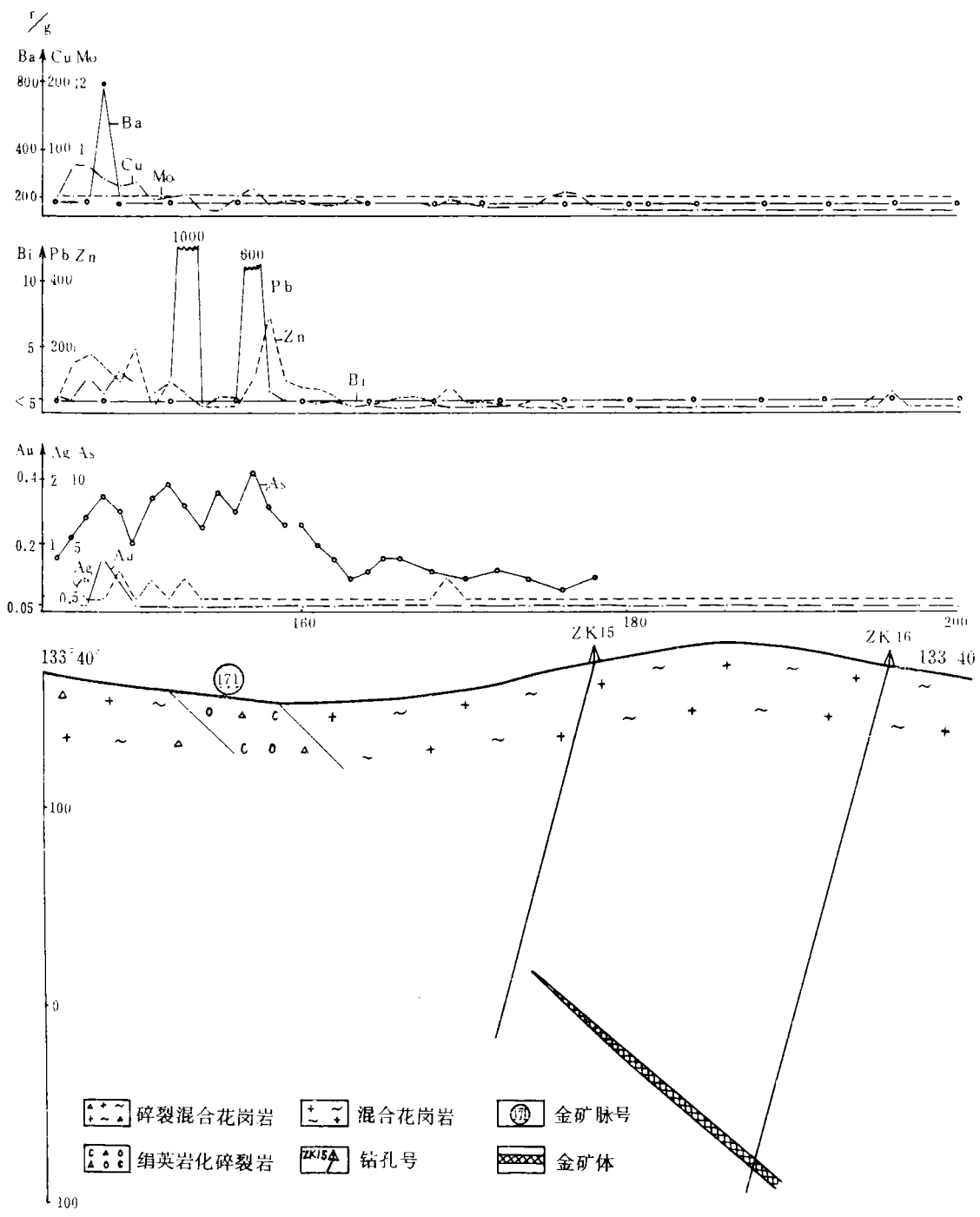


图 4 9 线地质化探原生晕综合剖面

利用原生晕工作, 根据异常形态, 可以圈定隐伏矿化蚀变带, 这是更可靠的地球化学填图, 在某种意义上讲比地质填图准确、全面、可靠。如在173 #脉之间, 10 #、48 #脉之间我们又圈出数条隐伏矿化蚀变带, 并具有找矿前景。H 48-7、H 48-8号异常均被浮土复盖, 未见蚀变带, 经 TC 119-2号探槽揭露, 见到数条矿化蚀变带, 刻槽取样有6个样在2 g/t以上, 最高品位26.99 g/t, 经 ZK 119-6、ZK 119-5验证见到工业矿体 ZK 119-6号孔见矿三层, 较好的一层斜厚5.92米, 平均金品位14.15 g/t。

因野外资料尚未完全整理, 无法更进一步探讨。但可以肯定的讲, 通过55 km<sup>2</sup>原生晕详查, 认真进行综合研究, 对玲珑矿田的认识和找矿会产生新的飞跃, 我们有信心打开玲珑矿田的找矿新局面, 为老矿山焕发青春做出贡献。

## (二) 化探次生晕在招平断裂带南段的找矿效果

### 1. 次生晕方法的选择

断裂构造控矿是招掖金矿带的主要特征之一, 构造断裂带象河, 金矿床如河中之鱼, 捕鱼必到河中去捕。因此, 我们选定招平断裂做为物化探重点工作区。该断裂带为本区一级构造, 上盘为胶东群、粉子山群的老变质岩系, 下盘为玲珑花岗岩, 沿断裂带已发现矿床多处, 本区又是残坡积复盖区, 因此我们选用次生晕工作方法, 设计1/万比例尺次生晕面积280 km<sup>2</sup>, 测网100 × 10米, 选择指示元素为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、Bi、Ba。

### 2. 找矿效果 (图5)

在280 km<sup>2</sup>的普查区中, 84年底完成70 km<sup>2</sup>, 在莱西县与平度县交界处发现了一个次生晕异常带, 并可划分为4个异常。I-1号异常, 长500米, 宽200米, 元素组合为 Au、Ag、Mo、Pb、Ba; I-2号异常, 长500米, 宽

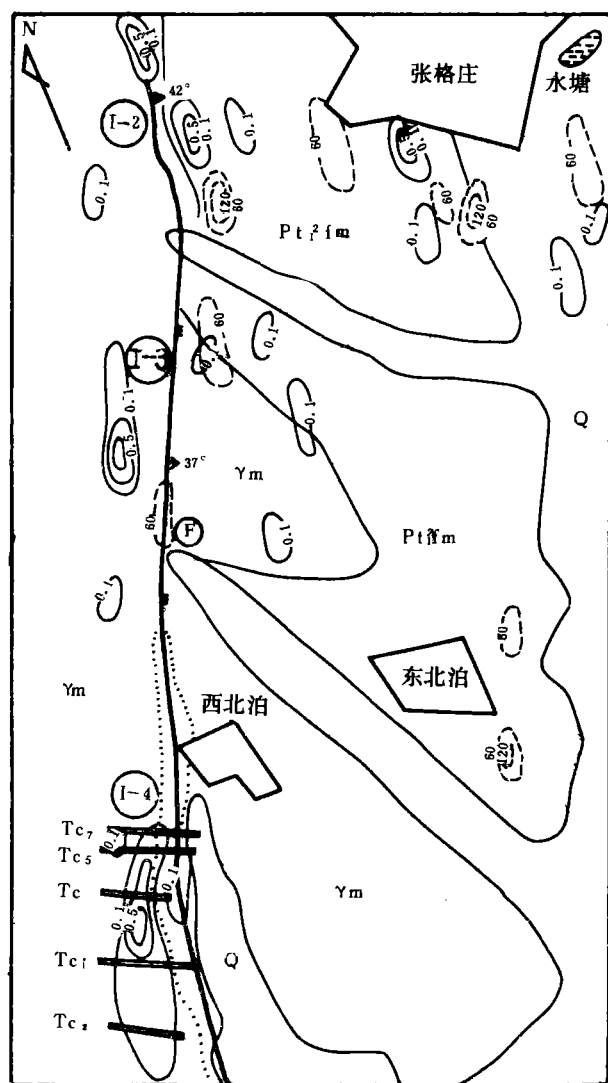


图5 招平断裂带南段化探异常平面示意图

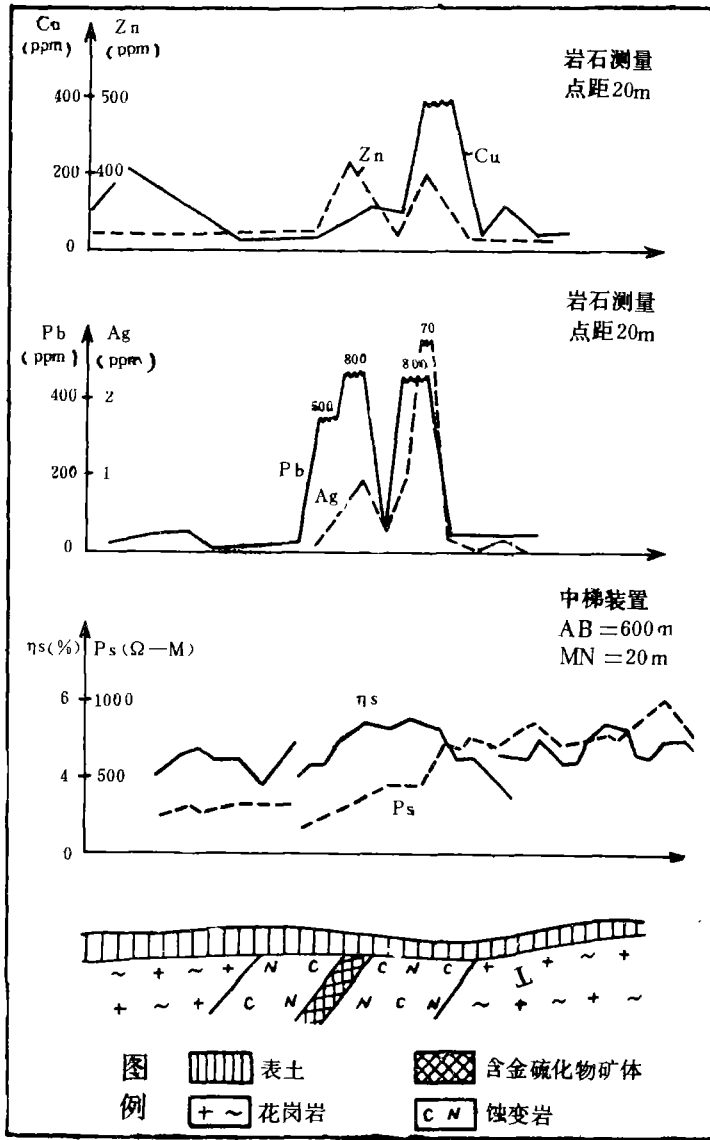


图6 ××区Ⅲ号异常829线综合剖面图 1:10000

100 米, 元素组合为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn; I-3 号异常, 长600 米, 宽150 米, 元素组合为 Au、Ag、Cu、Pb、Mo; I-4 号异常, 长700 米, 宽150 米, 元素组合为 Au、Ag、Pb。

85年初, 我们选择 I-4 号异常进行探槽揭露按100 米间距施工了五个探槽, TC<sub>1</sub> 号槽揭露矿化带宽度28米, 刻槽取样 Au 平均品位2.54 g/t, 其余槽见矿情况与 TC<sub>1</sub> 基本吻合。为了迅速评价 I-4 号异常深部, 公司领导立即调钻机验证, ZK<sub>1</sub>-1 号孔正在施工, 部分样品分析结果已报出, 在5-7.5 米, 斜厚2.5 米, 见第一层矿。平均金品位3.27 g/t; 从11-14米, 斜厚3 米, 见第二层矿, 平均金品位4.68 g/t。根据本区发现异常多, 规模大, 地表矿化强可以看出, 这是很有希望的地区。以上结果, 足以证明, 化探次生晕在残坡积层复盖区取得了可喜的找矿效果。可

肯定地说, 经过普查会发现更多有意义的异常, 将为我公司普查找矿开辟新的基地。

### (三) 在厚复盖区, 深部化探原生晕与激电相配合取得较好的找矿效果

#### 1. 厚复盖区物化探方法的选择 (如图6)

招掖金矿带西部、西南部为海滨平原, 第四系复盖较厚, 而该区隐伏断裂破碎带中往往赋存大型、特大型金矿, 如何对厚复盖区开展普查找矿一直是个难题。我们进行了多种物化探方法的试验研究, 确定了如下工作方法, 先投入电阻率联剖, 并配合高精度磁测找隐伏断裂破碎

带, 然后投入激发极化法及汞气测量圈定隐伏断裂带中的硫化物富集地段, 并用原生晕(增光钻取样)剖面检查激电异常, 以确定异常的性质, 达到找矿的目的。

电阻率联剖  $\rho_s^A$  与  $\rho_s^B$  是有明显的低阻正交点或正交点带是构造存在的重要标志, 再加上磁场  $\Delta Z$  低值带可以确定构造蚀变带的位置。

本区激电异常引起的原因很多,给异常解释带来困难,从目前看引起激电异常的主要原因有以下几种:①各种脉岩,如煌斑岩、细晶岩等;②含有浓度较高矿化金属离子的河渠水;③老地层中的残留体中暗色矿物集中的黑色条带;④石墨片岩;⑤含硫化物富集体。如何排除干扰,找出有意义的异常,只靠电法比较困难,原生晕剖面即可达到验证异常的目的又可以直接找矿。

## 2. 找矿效果 (见附图 7)

我们在掖县焦家金矿外围，焦家断裂与望儿山断裂带之间发现三个东西激电异常：北部龙埠异常带，中部焦家至望儿山异常带，南部马塘—鲍李异常带。焦家至望儿山异常带，

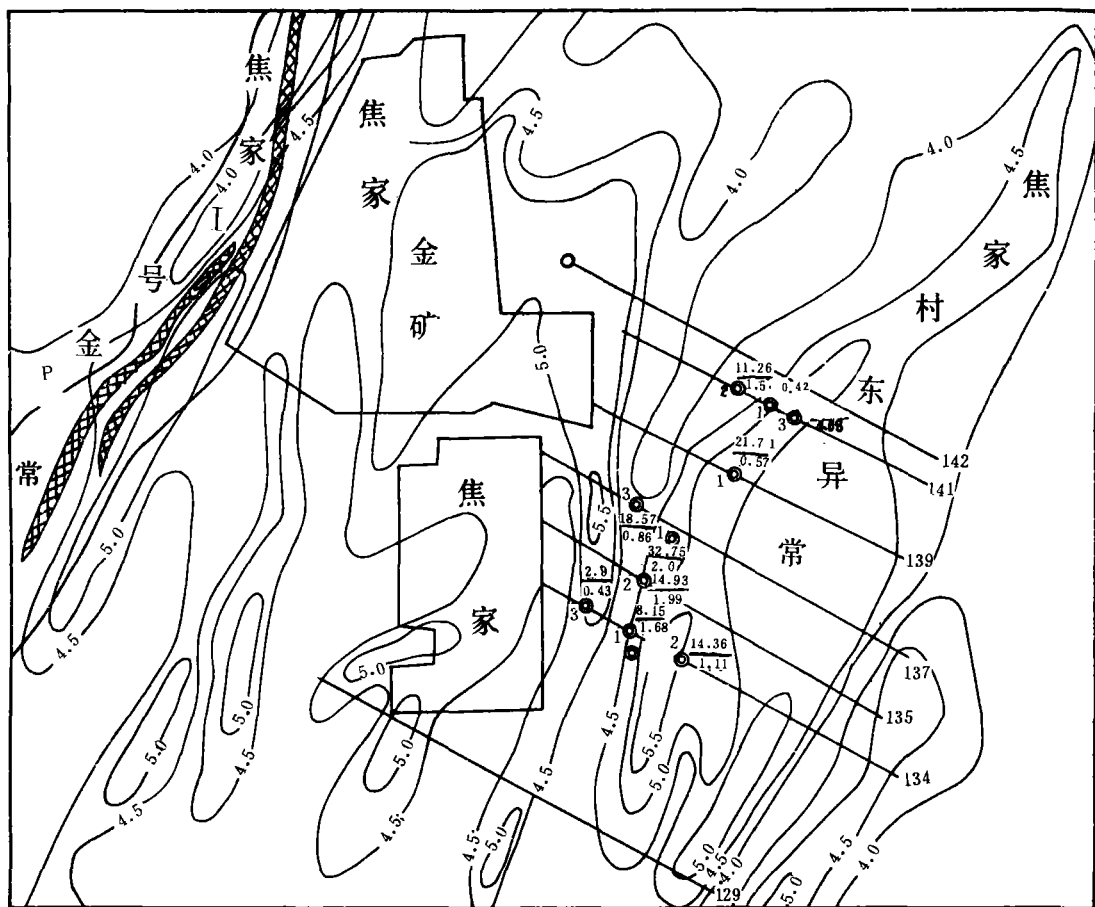


图 焦家村东激电异常验证平面图

面积约1.8 km<sup>2</sup>，异常带内断裂构造发育，西部为焦家断裂，著名的焦家金矿就赋存在该断裂带中，东部是望儿山断裂，望儿山金矿就赋存在该断裂带中。在两断裂带之间，物探推断出一隐伏断裂，在隐伏断裂带内有焦家村东激电异常，异常走向与断裂带走向一致，用 $\eta_s$  4%圈出异常长1250米，宽600米，物探推断为矿致异常，原生晕取样有Au、Ag异常，进一步证明为矿化蚀变带存在。83年10月编制了验证设计，84年施工13个钻孔，有10个见矿，共发现4个工业矿体，已确定为有一定规模的工业矿床，称为“焦家村东金矿床”。

焦家村东金矿的发现，无疑是物化探协调配合的结果，也是在复盖区合理运用物化探方法的成功尝试。我们有信心在三山岛和焦家断裂带之间近300km<sup>2</sup>的复盖区打开找矿的新局面。

招掖金矿区黄金普查的实践证明：必须重视地质、物、化探的紧密结合。地质、物探、化探是找矿的三支主力军，它们各有所长，也各有局限，因此，扬长避短、协调配合、合理使用物化探方法是很重要的，特别在寻找隐伏矿的情况下，物化探的作用是举足轻重的。

本文只是我公司工作中的体会，错误之处再所难免，诚请批评指正。

## APPLICATION AND EFFECTIVENESS OF THE GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL METHODS TO THE GOLD DEPOSITS IN ZHAOYUAN- CHANGYE AREA, SHANDONG.

Chang Dehong

(Shandong geological exploration corp.)

### Abstract

Zhaoyuan-Changye gold zone is one of the most important gold mines in China. A number of quartz vein-gold deposits as well as many large fracture-alteration type gold deposits have been discovered in recent years as a result of combined geophysical and geochemical prospecting. Using various geophysical and geochemical methods rationally according to various geological and geomorphic features better exploration effectiveness can be obtained. For example, in Zhaoyuan-Changye district, three methods of primary halo, secondary halo and IP/resistivity surveys were selected in accordance with three geological and geomorphic features of mountainous area, hilly land and plain. It is concluded that comprehensive application of geological, geophysical and geochemical surveys can provide an improvement in the search for deep-buried orebodies.