

四川省平武西部地区超前地球化学调研的实施与效果

徐钊华 汪振斌 何平

提要 本文介绍了在四川平武西部地区进行超前地球化学调研的过程与效果。在前人未曾作过岩金地球化学工作的地区取得了重要找金线索,表明该方法的经济、快速、定量及其有效性。

关键词 超前 地球化学谱 地壳浓度克拉克 成矿能

一、引言

当前找矿难度增大不仅表现为愈来愈多的注意盲矿床与弱侵蚀矿床的勘查,尚体现为欲寻求新的远景地带(段),常常需要进入那些难以通行,研究程度甚低的地区。此类地区多为沟深林密,层峦迭嶂的高山景观,直接投入系统的常规地球化学普查注定要付之以昂贵的代价,且难于在短期内完成该地区含矿远景的定量评价任务。

与常见地球化学普查方法不同,超前地球化学普查无须对所有水系进行等间距的相对连续均一的分散流取样,只要求以最低数量的样品控制若干具有一定规模的($<5\text{ km}^2$)汇水盆地即可。具体的在Ⅲ级水系,Ⅱ级水系以及Ⅰ级水系的近河口部位布点并施以每平方公里约为一个样品的取样密度便可望以相当高的可靠性查明出露于现代侵蚀截面的大、中型矿床。这就是苏联贝阿线地带规划地球化学普查工作前单有成效地研制并实施的1/20万超前地球化学普查的基本方法^{〔1〕}。选择性的控制为其主要特点之一。

倘若通过所掌握的区域地质或遥感信息对子区进行预选,并且在开展分散流取样的同时沿沟谷或水系伴之以岩石或土壤等混合介质地球化学取样。那末,超前于生产正规性地球化学测量的这种非系统的、不连续的混合介质测量及其相应的地球化学数据的解释过程统称为超前地球化学调研。一九八六年九月间我们在四川省平武西部地区所完成的超前地球化学调研第一阶段所获得的普查结果^①,经一九八七年六月、七月对主要地球化学异常地段的检查,即第二阶段工作的证实,超前地球化学调研的方法能够实现研究区含矿远景的经济,快速、定量而有效的初步评价,值得推广。

① * 注:水系分级采用 strahler(1957)的命名原则。

二、决策选区

微细浸染型金矿的产出具有特定的地质环境。美国内华达州卡林型金矿的成矿机制主要与地层、岩性,构造裂隙及低盐度热水循环系统有关。汞、金矿点与砂金线索是直接显示的有利因素。

所决策的研究区位于三大构造体系,即龙门山北东向多字型,摩天岭东西向以及较场一杨柳坝联合构造体系的交结部位^[2]。具体表现为北东向压扭性大断层,东西向压性断层以及北西向压扭性大断层在本区西南部汞矿点附近的交汇。区内出露一套地槽型的沉积变质建造。志留系茂县群上亚群中部岩组(SmX_1^1)为薄层细晶灰岩夹钙质千枚岩,上部岩组(SmX_1^2)主要为绢云千枚岩与石英绢云千枚岩互层或间夹砂质结晶灰岩。泥盆系整合于志留系之上,危关群下部岩组(DWg^1)由薄—中层状石英岩状砂岩,偶含黄铁矿晶体的绢云石英千枚岩,炭质绢云石英千枚岩之不等厚韵律互层组成。中部岩组(DWg^2)由炭质绢云石英千枚岩、厚层状结晶灰岩及薄层钙质石英砂岩组成。石炭系(C)地层整合其上,由泥质结晶灰岩与少量含钙质绢云千枚岩构成。下二迭统(P_1)与前者呈假整合接触,由厚层一块状结晶白云岩组成。三迭系与二迭系地层亦呈假整合接触,下三迭统菠茨沟组(T_1b)多为结晶灰岩与千枚岩互层,中三迭统杂谷脑组(T_1Z)则以厚块状钙质石英砂岩为主,其次为灰黑色炭质千枚岩夹层。研究区东北部出露有印支一期酸性侵入岩(二云花岗岩 r_1^{-1}),其西北部之北北西向断裂东西两侧零星分布的燕山期二云二长花岗岩(r_1^1)与汞矿点可能具有成因上的连系。主要成矿现象为L子区的汞矿点,雄黄矿点;T子区的雄黄矿点;J子区的毒砂重砂异常以及S子区的低温热液蚀变现象。常见矿物为黄铁矿,毒砂,辰砂,雄(雌)黄等。在T子区和S子区均有民采砂金的记载。由平武西部选区经区域地质分析选择的L、T、J及S四个子区是开层超前地球化学调研的主要活动区(图1)。需要补充的是,前人遥感资料所推断的I级寻金远景区也包含了所决策的该选区的大部分。

三、调研程序

超前地球化学调研程序可以划分为普查,检查与详查三个阶段。如果进展顺利,完成第I阶段便可部署如1:5万分散流那样的扫面计划;完成第二阶段便可部署1:1万土壤或岩石地球化学测量;而第三阶段结束时便可以就勘探工作的具体部署提出建议。实际上,调研成果本身对于发现矿床与研究矿床也具有明显的独立性。目前平武西部地区超前地球化学调研第二阶段工作正在进行。

第I阶段的野外取样工作由二名技术人员在一个月內完成,共采集地球化学样品431件,其中分散流、岩石与土壤样品的比例为13:6:1。各子区的样品情况由表1所示。分散流取样所控制的汇水盆地面积为120 km²,分布于约1000 km²范围之内,平均取样密度的每平方公

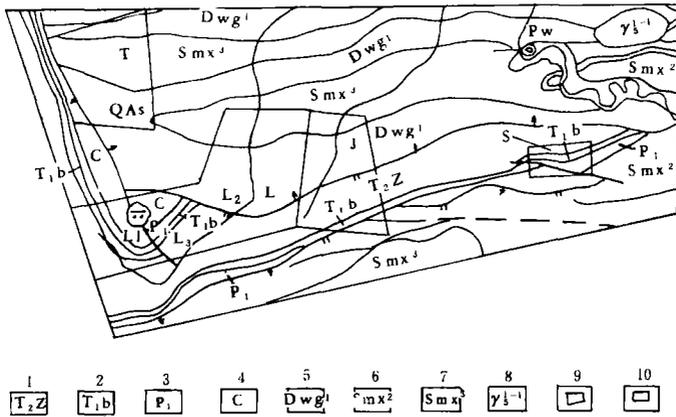


图 1 四川平武西部地区超前地球化学调研子区示意图

1—中三迭统 2—下三迭统 3—下二迭统 4—石炭系
5—下危关群 6,7—志留系 8—花岗岩 9—选区 10—子区

Fig. 1. Schematic diagram of the sub areas for ahead geochemical reconnaissance in the west of Pingwu County, Sicun.

- 1—Middle Trassic Series 2—Lower Trassic Series 3—Lower Permian Series
- 4—Carboniferous System 5—Lower Wei guan Group 6,7—Silurian Series
- 8—granite 9—selected anea 10—sub anea

里 2—3 个样品。取样间距为 500m, 在分水岭 1—2km 处停止对淤积—洪积物取样。对于 I 级水系及 II 级旁侧支流, 于近河口部位采两个样品, IV 级和 V 级大河床沉积物一般不取样以避免所得结果难于作出解释。全部点位座标于 1/10 万地形图上。样品过 60 网目并一次性棒磨至 180 网目。岩石取样的实际控制面积约为 66km²。取样时用随机定点与栋块法, 取样密度为 1.8 点/km²。土壤取样仅在已知矿点上进行以了解次生富集情况。分散流及土壤样品由西南冶金地质公司 606 队化验室分析了 Au、Hg、As、Pb、Mn、Ti、Cr、Ni、Mo、V、Zn、Co、Sn、B、Ba、Cu。岩石样品由天津地质研究院化验室分析了 Au、Ag、Hg、As、Sb、Bi、Se、Te、U、Zr、TFe、F、Ba、Sn、Cu、Mo、Pb、Zn、Mn、Cr、Ni、V、Ti、Co、B。全部测试数据用 dBASEII 在 IBM—PC 机上建立了化探数据库, 并生成了 DOS 系统下可执行的外部文件。本文引用了多元统计分析数据的部分处理结果。地球化学数据的解释、归纳及推断, 结果为下一阶段的地球化学调研指明了方向。

对最有远景的化学异常地段作快速及时的检查与评价是第 II 阶段调研工作的重点。检查与评价可以采取以下几种方式: 地质路线、地化剖面、沟系采样、坡积重砂及矿化岩石栋块取样等。该地区的 L₂ 异常检查采用了地质—地球化学剖面穿越法。检查的目的是确定所发现的分散流异常是否为矿至异常。如增强检查结果的确定性, 取样时以岩石样品为主, 土壤样品为辅。

在进行详细地球化学调研阶段, 据业已查明的矿床或矿点建立地球化学评价准则, 以期指导其它有望异常的评价, 在可能的情况下, 对其矿化侵蚀面水平及矿化规模给予估计。

各子区采样情况

表 1

Table 1, Sampling in every sub-area

| 子区 | 类别 | 采样数目(个) 控制面积 (Km ²) | | | | |
|----|----|---------------------------------|-----|----|-----|----|
| | | 分散流 | 岩石 | 土壤 | 分散流 | 岩石 |
| L | | 107 | 54 | 4 | 47 | 50 |
| T | | 5.5 | 48 | 7 | 29 | 5 |
| J | | 63 | 9 | 4 | 32 | 8 |
| S | | 51 | 4 | 5 | 12 | 3 |
| 总计 | | 276 | 115 | 20 | 120 | 66 |

因此超前地球化学调研任务不仅在于能够在矿产普查与勘探的各个阶段之前提供指导性建议,且其本身也能提供靶区以及进一步发现矿床与研究矿床的实际成果。无疑,这种工作方法具有广泛的应用价值。

四、认识与效果

迄今为止所取得的第一手地球化学资料表明,超前地球化学调研是一种行之有效的工作方法。该地区第一阶段所提供的某些认识在一定程度上已被第二阶段的初步成果所证实。由于第二阶段的资料整理工作尚未完结,且大部分与亲铜元素的分析结果尚未收齐,故本文主要介绍第一阶段提供的主要认识。

1、通过全区 25 个元素的岩石浓度克拉克值计算,查明了该地区为一亲铜元素集中区,其中 Te, As, Sb, B, Se 的岩石浓度克拉克值大于 7; Ag, Sn, Mo, Hg, Bi, Au 则大于 1.5, 多属典型的亲铜元素。反之,绝大多数亲石元素趋于分散,而亲铁元素与地壳克拉克值基本一致。金在该区的丰度为 6PPb, 表现为集中特征。表二列出了该地区暨主要地层元素的丰度值,其地球化学亲属性由图 2 中的全区及诸地层地球化学谱得以形象地表示出来。这里各元素的变化被统一在区域或地壳丰度水平上,即通过浓度克拉克值实现了各元素间丰度特征的类比。

此外,与该区诸元素丰度相比尚研究了主要地层的地球化学亲属性:三迭系杂谷脑组 (T₂Z)、二迭系下统 (P₁) 及石炭系 (C) 为三个相对集中亲铜元素的地层。其中,三迭系杂谷脑组 (T₂Z) 不仅再次聚集了 Hg、Te 等亲铜元素,且 Au 的衬度值又提高至 1.5 倍即达到 9PPb。泥盆系危关群下部岩组 (DWg¹) 尚表现 U 的集中(图 2c—d)。

2. 推断 L 子区具有低温热液型汞、金矿田晕特征,而金矿田晕的存在是赋存相应规模金矿床的必要前提之一。无论是分散流样品还是岩石样品分析结果的统计处理情况都支持了这一推断,即 Au 的平均值、均方差及平均单相关系数高于其它子区(表 3)。所谓金矿田晕是相对于区域背景而言,其平均值与均方差在 2 个数量级以上。L 子区的主要参数值不高于其它

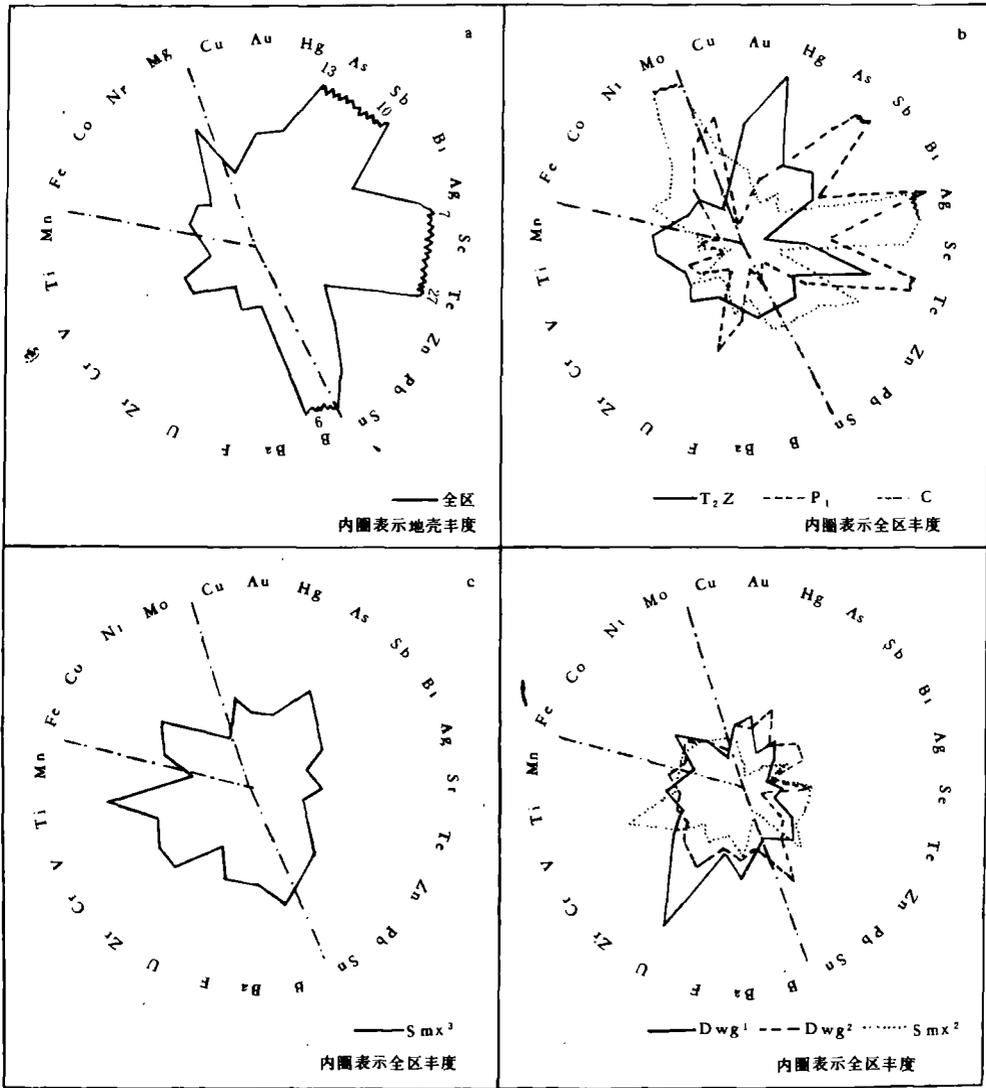


图 2 全区及诸地层地球化学谱

Fig. 2. Geochemical spectrum of the whole studied area and some stratigraphic units.

子区,而且接近苏联科兹洛夫卡金矿田晕的有关参数,即 Au 平均值为 22.4PPb,均方差为 21.7PPb,面积为 103 km²。一般说来矿田晕的发育面积大体与矿化规模相应,在成因上矿田晕往往与面积性热液接触变质作用和区域变质作用有关,从而受经历过相应蚀变作用的岩石所控。L 子区 Hg, Au, As, Sb, Bi, Ag 等一套以低温热液为主的元素组合衬值较高,也表现与国内已知微细浸染型金矿床颇为相似的特征。

平武西部地区主要地层元素丰度(ppm)

表 2

Table 2, Element abundance of some stratigraphic units in Pingwu county.

| 单元 \ 元素 | Pb | Mn | Ti | Cr | Ni | Mo | V | Zn | Co | Sn | B | Ba |
|-------------------------------|----|-----|------|----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| 地壳 | 15 | 690 | 4700 | 70 | 44 | 1 | 95 | 60 | 12 | 2.0 | 9 | 590 |
| 全区 | 21 | 461 | 2664 | 70 | 37 | 1.8 | 93 | 122 | 11 | 4.2 | 83 | 458 |
| T ₂ Z | 20 | 573 | 2293 | 66 | 31 | 0.9 | 85 | 98 | 9 | 4.4 | 80 | 401 |
| T ₁ b | 20 | 903 | 3185 | 65 | 32 | 2.1 | 72 | 114 | 13 | 3.5 | 45 | 371 |
| P ₁ | 8 | 338 | 500 | 46 | 33 | 2.5 | 71 | 129 | 5 | 2.0 | 34 | 404 |
| C | 27 | 299 | 1695 | 63 | 55 | 5.9 | 148 | 202 | 13 | 5.2 | 99 | 359 |
| DWg ² | 17 | 465 | 2441 | 60 | 31 | 0.8 | 72 | 83 | 11 | 5.9 | 77 | 466 |
| DWg ¹ | 22 | 380 | 2646 | 75 | 31 | 0.8 | 80 | 99 | 13 | 3.3 | 76 | 530 |
| SMX ₂ ³ | 26 | 384 | 5123 | 95 | 49 | 1.2 | 124 | 144 | 16 | 5.9 | 139 | 617 |
| SmX ₂ ² | 24 | 410 | 2425 | 76 | 30 | 0.7 | 65 | 111 | 9 | 1.5 | 79 | 446 |

续前

| As | Cu | Sb | Bi | Ag | Hg | U | Zr | TFe | F | Se | Te | Au |
|-----|----|-----|-----|------|------|-----|-----|-------|-----|------|------|-------|
| 1.7 | 30 | 0.2 | 0.2 | 0.07 | 0.08 | 3.5 | 160 | 35400 | 720 | 0.09 | 0.01 | 0.004 |
| 22 | 32 | 2.0 | 0.3 | 0.15 | 0.13 | 2.0 | 171 | 31130 | 582 | 0.67 | 0.27 | 0.006 |
| 24 | 22 | 2.7 | 0.3 | 0.07 | 0.29 | 1.6 | 174 | 30620 | 488 | 0.61 | 0.49 | 0.009 |
| 34 | 36 | 1.8 | 0.3 | 0.11 | 0.02 | 0.8 | 111 | 59100 | 444 | 0.44 | 0.14 | 0.005 |
| 27 | 53 | 5.7 | 0.3 | 0.40 | 0.12 | 0.7 | 86 | 10700 | 840 | 0.78 | 0.77 | 0.002 |
| 17 | 41 | 1.2 | 0.3 | 0.43 | 0.07 | 1.2 | 103 | 39250 | 594 | 1.48 | 0.12 | 0.006 |
| 13 | 25 | 1.8 | 0.3 | 0.04 | 0.14 | 2.3 | 180 | 28170 | 498 | 0.41 | 0.09 | 0.005 |
| 14 | 24 | 1.0 | 0.3 | 0.05 | 0.07 | 4.4 | 236 | 22330 | 551 | 0.40 | 0.10 | 0.006 |
| 32 | 37 | 1.2 | 0.3 | 0.13 | 0.13 | 1.8 | 241 | 37260 | 732 | 0.59 | 0.20 | 0.006 |
| 6 | 21 | 0.8 | 0.2 | 0.04 | 0.02 | 1.7 | 113 | 26950 | 395 | 0.70 | 0.23 | 0.002 |

L子区所处的地质部位十分有利,为三大断裂构造交汇处。中三迭系谷脑组(T₂Z)以杨柳坝弧形复向斜之核部纵贯该区。在子区西南端,地层转换频繁、渗透性差异显著的千枚岩与

各子区金元素统计值

表 3

Table. 3. Statistical results of gold for sub-areas

| 子区 | 据 分 散 流 | | | 据 岩 石 样 品 | | | |
|----|---------|------|------|-----------|------|------|----|
| | 平均值 | 变异度 | 均相关 | 平均值 | 均方差 | 均相关 | 面积 |
| L | 17 | 1.19 | 0.18 | 21.3 | 31.7 | 0.38 | 55 |
| T | 9 | 1.22 | 0.11 | 7.9 | 14.9 | 0.21 | 33 |
| J | 0.7 | 0.05 | 0.09 | 8.7 | 9.2 | 0.29 | 9 |
| S | 3 | 0.55 | 0.12 | 2.3 | 2.5 | — | 4 |
| 全区 | 9 | — | 0.10 | 0.006 | — | 0.06 | — |

注：表 3 至表 4 中，Au 单位 ppb，面积单位 KM^2 。

灰岩、砂岩互层形成了十分理想的容矿构造。因之初步推断 L 子区具有低温热液型汞金矿田晕的特征是有地质、地球化学依据的。

3、发现并评价了 L 子区内主要地球化学异常。认为 L_1 、 L_2 、 L_3 等地段程度不同的存在矿床晕特征。

与矿田晕相比，矿床晕的结构更为复杂，其正晕旁侧往往伴随明显的复晕，因而其面积虽小，但平均含量、均方差以及平均单相关系数值都显著提高，即金元素与其它伴生元素在矿床晕水平上发生再分布更为强烈。表 4 列出了这些异常地段的主要统计值。

L 子区主要异常金元素统计值

表 4

Table. 4. Statistical results of gold for the main sub-areas

| 子区 | 据 分 散 流 | | | | 据 岩 石 样 品 | | | |
|----|---------|------|------|-----|-----------|-----|------|-----|
| | 平均值 | 变异度 | 均相关 | 面积 | 平均值 | 均方差 | 均相关 | 面积 |
| <1 | 37 | 0.88 | 0.23 | 0.7 | 30 | 50 | 0.38 | 0.3 |
| <2 | 20 | 0.90 | 0.17 | 3.9 | — | — | 0.20 | 1.8 |
| <3 | 27 | 0.73 | 0.25 | 0.5 | 35 | 38 | — | — |

图 3 给出了 L_2 异常区的分散流异常组合。其特点是 Hg, Au 异常面积大，但其平均含量较低，在其 Au 异常周围尚有 Ba, Mn 分散流异常。其内部却包含了较弱的 Sn 异常。而 L_1 异常 Au 的平均含量高，与 Hg、As 异常套合度较好（图外）。 L_3 异常的特点是 Au 与其余元素的平均单相关系数较高。

由于岩石采样利用随机定点方式，在平面上分布极不均匀，采用等值线法圈定异常比较困难，但使用上述几个基本统计参数仍然有可能实现对各个异常区的排序。因此，苏联化探先驱 H·II·萨弗罗诺夫等人所开创的成矿(晕)能的计算方法也能用于随机取样结果的定量评价。

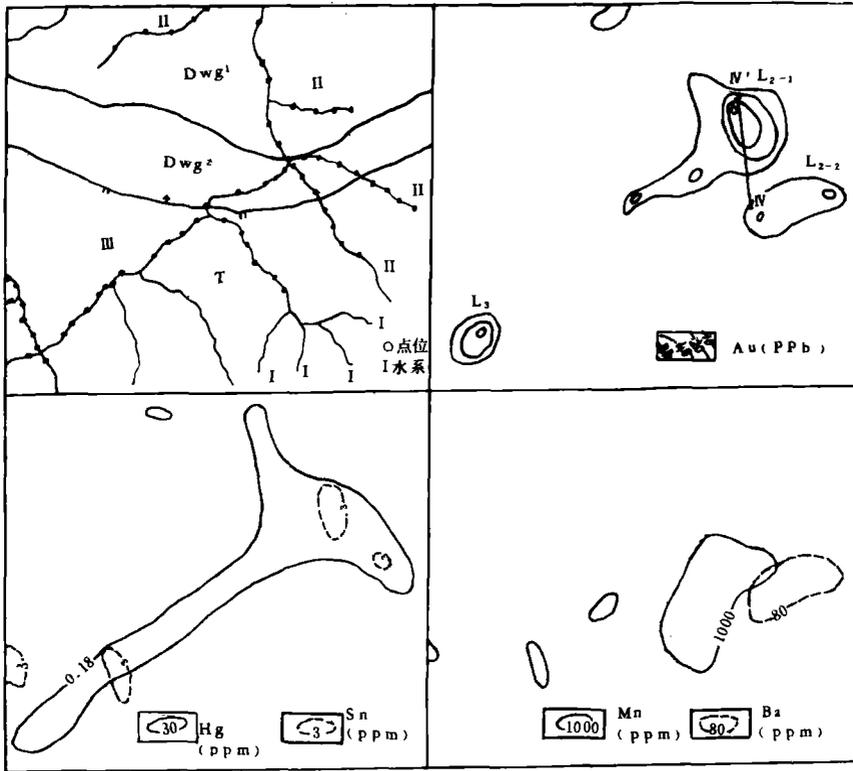


图 3, L₂ 分散流取样点位暨地球化学异常图

Fig. 3. Diagram for the location of sampling river-bed sediments and geochemical anomalies.

按照 $E_n = \sum_{i=1}^n K_i \ln k_i$ (其中 K 为浓集克拉克值, n 为元素数) 的计算公式, 能把衬度较高的那些元素的浓集效应集中地最大限度地表达出来(计算结果另述)。

综上所述, 野外获取资料方式的变更必然要求与之相适应的地球化学数据的加工与表达方法, 显然, 地球化学谱、基本统计参数对比以及成矿(晕)能计算方法在形成上述认识过程中发挥了各自的效能。

超前地球化学调研第二阶段的野外工作于 87 年 6 至 7 月间在业已发现的主要异常地段内进行。每条异常检查剖面均布置在分散流异常中心部位。一般用 2~3 条剖面控制。图 3 标明了 L₂ 异常中的 IV 号剖面位置, 其地球化学响应见图 4。本文将以此剖面为例, 说明第一阶段化探调研的效果。

目前该剖面岩石样品由天津地质研究院化验室分析了 Au, Ag, As, Sb 以及由冶金部物探公司化验室用 SS—IIIA 型中阶梯光栅光电直读光谱仪分析了 Pb, Zn, Co, Ni, V, Cr, Mn, Cd, Cu,

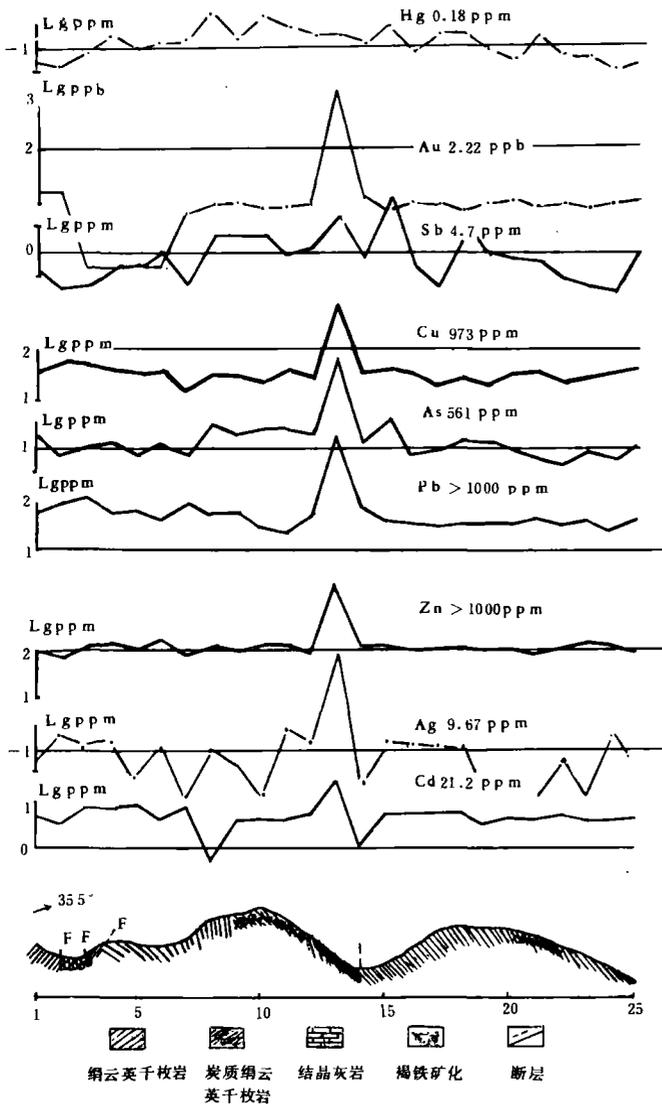


图 4 IV号地球化学剖面图

Fig. 4, No. IV geochemical section

分散流扫面计划提出建议,在第二阶段期间,针对 L_2 异常所进行的检查结果,又提出了 12 Km^2 (1/万)地质填图与次生晕扫面以及 2.25 Km^2 (1/5千)激电与化探晕的详查范围。并认为沿 IV 剖面线应布置适量槽探工程,以待条件具备,可考虑施用浅钻和浅井工程。所以,超前地球化学调研的成果是多方面的。

Ti, Be 等元素。在接近分散流浓集中心部位, Au 的岩石地球化学异常值达到 2220PPb、Ag9.67PPM、Hg0.18PPM、Sb4.7PPM、As561 PPM、Cu973PPM、Pb > 1000PPM、Zn>1000PPM、Cd21.2PPM、并且在接近异常峰值前的一侧, Au、Ag、Cd、Pb、Zn 都程度不同地呈现了负异常。该件岩石样品野外定名为炭质绢云千枚岩,并见有石英脉和褐铁矿化,其岩层倾角为 80°。该样品地质部位处于泥盆系危关群下部与中部岩层的转换部位,其东西向压性断裂将该异常分割为两部分,即 L_{2-1} 与 L_{2-2} 。 L_{2-1} 异常平均值为 28ppb, 峰值 80ppb, 面积为 2.75 平方公里, L_{2-2} 异常平均值为 18ppb, 峰值为 40ppb, 面积为 1.23 平方公里。显然 L_{2-1} 异常是着重检查的部分。该异常检查剖面证实了 L_2 分散流异常为矿至异常,从而为该区寻找岩金提供了重要线索。

超前地球化学调研成果不仅能提供上述找矿线索,并且在拟定未知区的勘查规划中也能发挥有力的作用。在第一阶段期间,曾就包含平武地区的

五、结论

超前地球化学调研采用了与正规生产性地球化学测量不尽相同的工作方法,其主要特点可以概括为:

1. 用人少、时间短、效果显著,适用于研究院、所的快速侦察。
2. 对大面积范围施以选择性的控制。
3. 采用低密度或甚低密度的混合介质测量。
4. 非网格为主的布点方式及其相应的数据处理方法。
5. 其各阶段均可为正规生产性地球化学测量提供超前性的服务。

尽管四川省平武西部地区超前地球化学调研工作正处于第二阶段,但取得的效果表明,该方法的进一步完善必将对那些难通行的欠开发地区含矿远景的经济、快速、定量及有效评价发挥特殊的功效,值得进一步研讨。

参考文献

- [1]地质矿产部情报研究所 《化探资料选编》(8)“贝阿线地区的地球化学普查” 1986
 [2]勘查地球化学 刘英俊 邱德同等编著 科学出版社

AHEAD RECONNAISSANCE AND THE RESULTS OF GEOCHEMICAL EXPLORATION IN PINGWU AREA, SICUAN PROVINCE

Xu Xihua Wang Zhenbin He Ping

Abstract

Pingwu, Sicuan, a remote and deep mountainous area where is difficult to access and few work on primary gold had been done, is defined as a prospect for Karlin type gold ore deposits according to geological information. To make a proper assesment as soon as possible the authors applied ahead geochemical reconnaissance to it and successes. Here present the procedures and results.

Ahead geochemical reconnaissance is carried in three stages whose sampling over-arrangement is irregular, intermittent, comprehensive and random differing a lot from the routine geochemical survey.

Results: a. This area is concentrated by chalcophile elements. b. The meta-ore-field-holo of Hg-Au epithermal deposit is inferred in the pre-selected L-subarea. c. Certain scale geochemical anomalies are found with nice overlapping level and concentrating zonation, in L_1 , L_2 , L_3 subarea.