文章编号: 0258_7106 (2001) 04_0313_10

四川呷村火山成因块状硫化物矿床的综合找矿模式*

吕庆田　　侯增谦　　赵金花　　吴凤翔　　黄力军
(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京　100037)　　(中国地质科学院物化探研究所, 河北 廊坊　065000)

摘　要　呷村火山成因块状硫化物矿床是“三江”地区的超大型含金富银多金属矿床, 其综合找矿模式的建立对“三江”有色、贵金属成矿带的成矿预测具有重要意义。文章在大量实测物探资料的基础上, 结合区域地质、遥感和矿床地质资料, 从 6 个方面总结了该矿床的综合找矿模式: 即大地构造背景; 局部(矿区) 成矿地质环境; 地质找矿标志; 区域物探、化探、遥感示矿要素; 岩石、矿石物性特征; 综合物(化) 探异常特征。并给出了针对呷村型矿床的勘探程序和最佳勘探方法组合, 对指导区域找矿及勘查工作部署具有重要意义。

关键词　找矿模式　呷村　火山成因块状硫化物矿床　物探异常
中图分类号: P631; P624; P627　　文献标识码: A

为了认识、研究和寻找矿床, 地质学家们在长期研究、探索的基础上, 从不同的角度总结建立了矿床的各种模式, 如从区域成矿规律角度建立了区域成矿模式; 从矿床的形成过程、成矿物质来源、迁移富集和赋存条件等角度建立了矿床描述模式与成因模式; 随着地球物理在找矿工作中的应用逐渐增加, 又建立了地质_地球物理找矿模式等。

由于找矿难度的不断加大, 仅靠一二种方法建立起来的找矿模式已经不能满足找矿的需求, 因此, 全方位、多元的地质、物探、化探、遥感综合找矿模式应运而生。综合找矿模式是: 对已知矿床进行直接(或间接) 识别的区域(或局部) 地质、地球物理、地球化学和遥感等所有示矿要素的集合。

找矿预测是在已知矿床找矿模式的基础上, 对未知区能否寻找同类型矿床的数量、位置、规模和品位进行科学的推断或预测。它遵循的基本原则是从已知到未知的类比和逻辑推理。类比的前提是三条基本假设: ① 假设过去的构造体制与现代的构造体制(以威尔逊旋回为中心的板块构造体制) 相同或相似; ② 假设过去的成矿作用(机制) 与现代的成矿作用(机制) 相同或相似; ③ 假设同样的构造环境具有相同或相似的成矿机制, 并能产出相同数量和规模的矿床。在这些假设前提下, 广义找矿预测的基础, 是地质学家长期积累的有关矿床的知识, 狭义的说, 是对某类已知矿床进行全面系统的研究, 弄清矿床的地质背景、成矿条件、控矿因素、直接找矿标志、间接找矿标志, 以及物探、化探、遥感异常特征及成因等, 从而建立起找矿模式。最后通过定性、定量的类比和逻辑推理, 对未知区找矿的潜力作出推断或预测。

基于上述基本思想, 本文以四川呷村火山成因块状硫化物矿床(简称 VHMS 矿床) 为例, 从大地构造环境、局部(矿区) 构造地质环境、地质找矿标志、区域物(化) 遥示矿要素、岩、矿石物性特征、综合物(化) 探异常特征 6 个方面总结了该矿床的描述模型, 并建立了综合找矿模式。

1　呷村 VHMS 矿床的综合找矿模式

1.1　大地构造背景

呷村火山喷气沉积块状硫化物矿床产于“三江”义敦岛弧带的昌台火山沉积盆地中(图 1)。义敦三叠纪岛弧具有完整的沟—弧—盆体系, 并经历了复杂的发育历史, 出现了独具特色的火山_侵入杂岩组合。义敦岛弧可以分为 3 个次级构造单元(侯增谦等, 1991): ① 前弧区(图 1, Ⅱ): 位于措交玛—稻城

* 本文受国家“九五”科技攻关 914 项目(编号: 96_914_03_01) 资助
第一作者简介　吕庆田, 男, 1964 年生, 博士, 研究员, 主要从事深部地球物理和矿产勘查技术方法研究工作。
收稿日期　2000_11_29; 改回日期　2001_02_01。张绮玲编辑。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

花岗岩东侧与甘孜—理塘断裂带之间的狭长区内, 断续出露上义敦群岩石组合, 因构造破坏, 部分与甘孜—理塘混杂岩混在一起(图 1, Ⅰ) , 沉积相组合复杂, 具弧前盆地沉积特征 (胡世华等, 1992) ; ② 主弧区(图 1, Ⅲ) : 沿赠科—昌台—乡城一带展布。主弧火山_岩浆活动又可分为早期造弧阶段、岛弧裂谷阶段和晚期造弧阶段, 相应形成外弧、岛弧裂谷和内弧。在岛弧裂谷阶段形成了典型的火山成因块状硫化物矿床。③ 弧后区(图 1, Ⅳ) : 位于德格—乡城大断裂两侧狭长区域内, 主要出露晚三叠世勉戈组火山岩_沉积岩。其下部为较厚的变质碎屑岩夹灰岩,

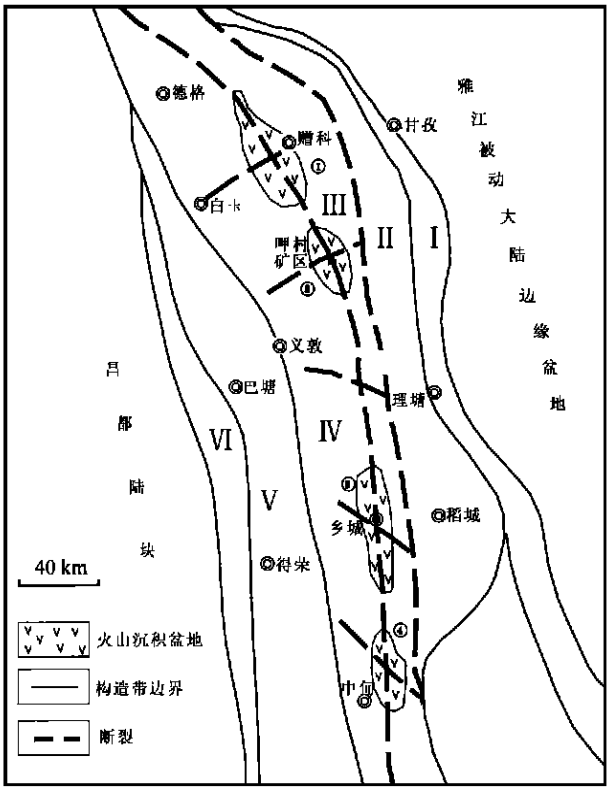


图 1 义敦岛弧及邻区大地构造示意图
(据徐明基等, 1993)

Ⅰ—甘孜_理塘海沟蛇绿混杂岩带; Ⅱ—新龙_稻城弧前盆地带; Ⅲ—德格_乡城主弧带; Ⅳ—白玉_义敦弧后盆地带; Ⅴ—中咱微大陆; Ⅵ—金沙江晚古生代蛇绿混杂岩带。主弧带火山_沉积盆地: ①—赠科盆地; ②—昌台盆地; ③—乡城盆地; ④—中甸盆地

Fig. 1 Sketch map showing tectonics around Gacun areas
(After Xu et al., 1993)

Ⅰ—Ganzi_Litang ophiolite melange; Ⅱ—Xinlong_Daocheng pre_arc basin; Ⅲ—Dege_Xiangcheng island_arc; Ⅳ—Baiyu_Yidun back_arc basin; Ⅴ—Zhongzan microplate; Ⅵ—Jinsha River Late Paleozoic ophiolite melange; Island_arc volcanic sedimentary basin: ①—Zengke basin; ②—Changtai basin; ③—Xiangangcheng basin; ④—Zhong_dian basin

常见滑塌变形构造和不完整的鲍马序列, 具次深海_深海环境沉积特征。中上部岩石组合特征复杂, 由高钾双峰岩石组合和断陷盆地式黑色砂板岩系构成, 属弧后盆地环境沉积(侯增谦等, 1995) 。

义敦岛弧自形成后, 又经历了岛弧_陆块碰撞和燕山期、喜马拉雅期的强烈陆内碰撞挤压造山作用, 形成了现在的岛弧_碰撞造山带。

1.2 局部成矿地质环境

根据岩相和岩石学研究(侯增谦等, 1992) , 呷村矿床的火山活动具有多旋回特征, 其中与成矿有关的海相火山活动以双峰式为特征, 形成玄武岩和流纹质火山岩系。双峰岩石组合以酸性火山岩为主, 酸性火山活动显示多旋回、多期次喷发特征。酸性火山活动间隔期接受碳酸盐岩和板岩沉积, 火山强烈爆发活动末期发生多金属矿化, 形成呷村矿床。基性火山岩系分布于流纹岩系西侧, 主体由杏仁状玄武岩和玄武质凝灰岩组成。

呷村含矿岩系由多个韵律单元组成, 其中赋矿层位自下而上又可划分为 3 个典型的韵律层: 下部韵律层主要由英安质角砾凝灰岩、凝灰熔岩和熔岩组成, 顶部为灰色薄层状板岩和千枚岩; 中部韵律层以英安_流纹质熔岩和角砾熔岩为主, 顶部为英安_流纹质角砾凝灰熔岩和具微层理构造的沉凝灰岩, 其内发育一套大脉状_网脉状矿体, 其上被层状的块状硫化物矿体和喷气沉积岩覆盖; 上部韵律层为流纹质火山岩, 其下部为喷溢相和管道相。火山通道往往被后期硅质贯入, 形成白色富硅流纹岩穹丘和岩管。

由呷村含矿岩系特征可以推测: ① 含矿岩系是岩浆周期性间歇式喷发形成的酸性火山岩系; ② 成矿作用主要发生于海底火山活动末期或宁静期; ③ 以含矿火山岩系顶部富硅流纹岩“枕砾”或燧石质枕砾为界将岩系及矿化分为两套系统: 下部为热液流体补给通道内的脉状_网脉状矿化系统, 上部为海底洼地化学沉积系统 (侯增谦等, 2001; Hou et al., 2001) 。

呷村含矿岩系的主要喷气沉积和化学沉积岩石为重晶石岩(厚层状、块状, 灰_灰白色, 具不等粒_等粒半自形粒状结构, 块状和条带状构造) 。碧玉岩(紫红色、黑色或黑灰色, 呈透镜状) 和白云岩(呈透镜状, 具半自形_他形粒状变晶结构, 块状构造) ; 主要含矿火山岩石为斑状流纹岩(具斑状结构, 斑晶为斜长石) , 斑状富硅流纹岩(徐明基等, 1993) 和富钡

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

流纹岩。

1.3　地质找矿标志

呷村矿床含矿岩系的层序可概括为“三位一体”结构, 即火山碎屑岩_矿体_喷气沉积岩。该结构可以作为地质找矿的重要标志, 结合其他标志, 呷村型矿床的找矿标志如下:

(1) 直接找矿标志, 铜多金属矿化或流纹岩裂隙中充填铜铅锌矿脉, 硫化物氧化带, 如蓝铜矿, 孔雀石;

(2) 火山构造及岩相标志, 火山机构, 凹陷盆地; 双峰岩石组合及大规模流纹岩, 液爆角砾岩, 凝灰质角砾岩, 集块岩, 喷气沉积和化学沉积岩系, 包括重晶石岩、碧玉岩、白云岩、硅质岩;

(3) 蚀变及蚀变组合标志, 呷村矿床的主要蚀变有硅化、绢云母化和绿泥石化, 次要蚀变有钡冰长石化、钾长石化和水云母化。硅化主要发生于脉状_网脉状矿带及流纹质火山岩系中。绢云母化主要出现在脉状_网脉状矿体中、下部火山岩中, 蚀变原岩为英安质凝灰岩、凝灰熔岩、流纹英安质凝灰熔岩和流纹质火山岩。绿泥石化出现于脉状_网脉状矿带的下部, 蚀变原岩均为英安质火山岩, 呈变余斑状结构和鳞片变晶结构。钡冰长石化主要出现在网脉状矿层中, 蚀变原岩为流纹质火山岩。

1.4　区域物(化)遥示矿要素

受分辨率所限, 区域资料图(1∶50 万) 上很难清楚地反映出单个矿床或矿田, 但其中含有丰富的区域地质背景信息。在区域航磁化极异常图(1∶50 万) 上, 义敦岛弧主弧区与中等强度的正磁异常对应, 环状磁异常清晰地反应出岛弧内赠科—昌台、乡城和中甸 3 个火山活动中心, 并大致可以反应火山活动的范围和强度。呷村矿区正位于赠科—昌台火山活动中心, 强度在 90 nT 左右的局部正异常的边部(图 2)。如果按照磁异常的强_弱与基性_酸性岩石对应的原则来解释, 呷村矿区并没有很强的基性火山活动, 而是以中酸性火山活动为主, 基性活动的中心位于昌台附近。从成矿有利程度看, 大规模酸性火山活动对形成以铅锌银为主的块状硫化物矿床十分有利。在 1∶50 万区域重力图上, 总体上大面积重力低区与中酸性侵入岩对应, 表明中酸性侵入岩规模较大, 大面积重力高区与老地层或更深部的老岩块对应。呷村矿区位于局部重力高(矿区西部) 与局部重力低(东部) 的过渡带上(图 3), 西部的重力高, 反应的是隐伏的古老岩块(白玉岩块), 呷村矿床位于白玉岩块边缘。古老岩块四周是构造相对薄弱带, 是成矿有利部位[1]。

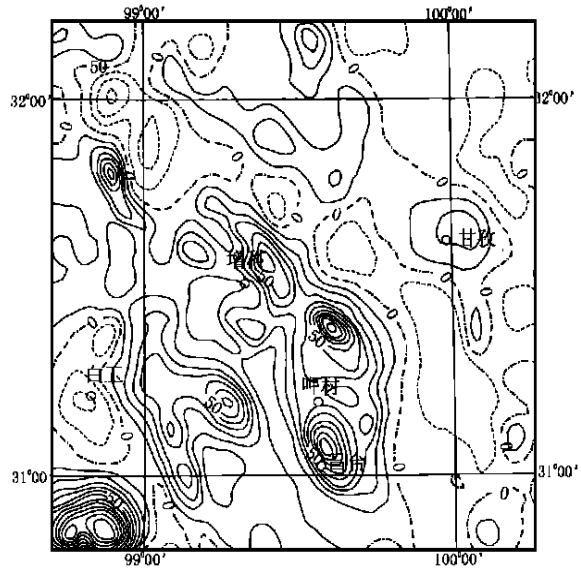


图 2　呷村及外围区域航磁化极等值线图
(等值线间距 10 nT)

Fig. 2　Contour map of regional magnetics around Gacun areas (Contour interval 10 nT)

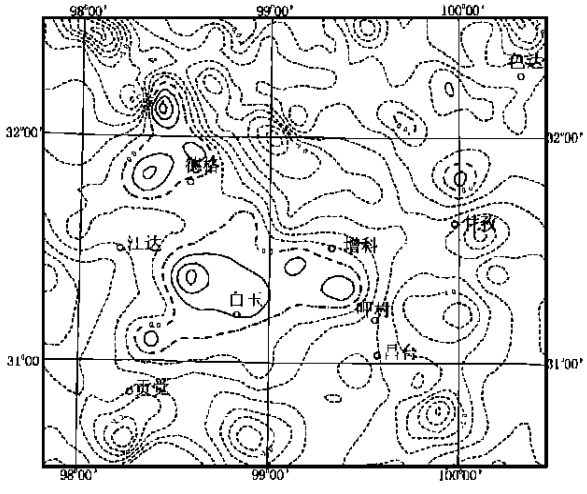


图 3　呷村及外围区域重力垂向导数等值线图
(等值线间距 0.2 mgal/km, 1 gal= 10^{-2} m/s^2)

Fig. 3　Contour map of the vertical derivative of regional gravity around Gacun areas (Contour interval 0.2 mgal/km)

[1] 吴宣志, 杨少平, 孙德梅, 等. 2000. 大区域示矿要素提取与综合快速评价新方法新技术研究. 科研报告.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在区域遥感解译图上,呷村矿区位于大中型环形构造(麻绒环形构造)旁边的次级环形构造内(图4)。据研究❶,该环形构造属于火山_岩浆作用型,主(母)环推测是晚三叠世卡尼期多次岩浆侵位和喷发形成的,而寄生在主环形构造内外环缘上的次级环形构造则是由晚期火山活动和次火山岩形成的。从与成矿作用过程的关系看,主环内的大量火山岩及其下的岩浆房为成矿提供物质来源和热源,主环边缘圈层裂面及放射状线性构造系统为成矿流体提供循环通道。主环内外边缘的次级环形构造往往是晚期古火山机构,这些小环形构造则为块状硫化物矿床的形成提供必要的条件和沉积场所。

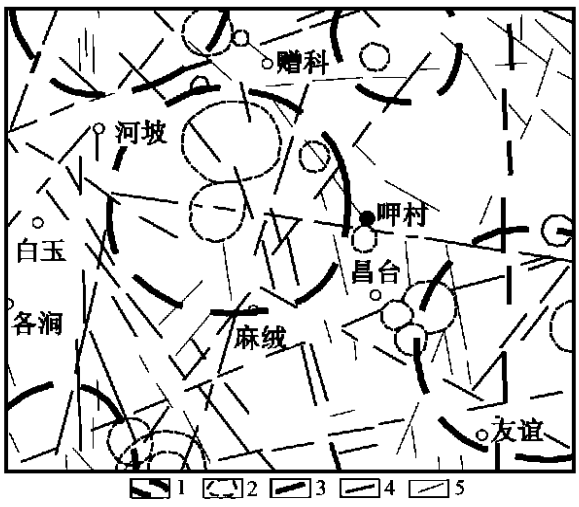


图 4 呷村及外围区域遥感解译图

1—大型环形构造; 2—小型环形构造; 3—大型线形构造; 4—中型线形构造; 5—小型线形构造

Fig. 4 Interpretation map of remote sensing around Gacun areas

1—Large_size circular structure; 2—Small_size circular structure; 3—Large_size linear structure; 4—Intermediate_size linear structure; 5—Small_size linear structure

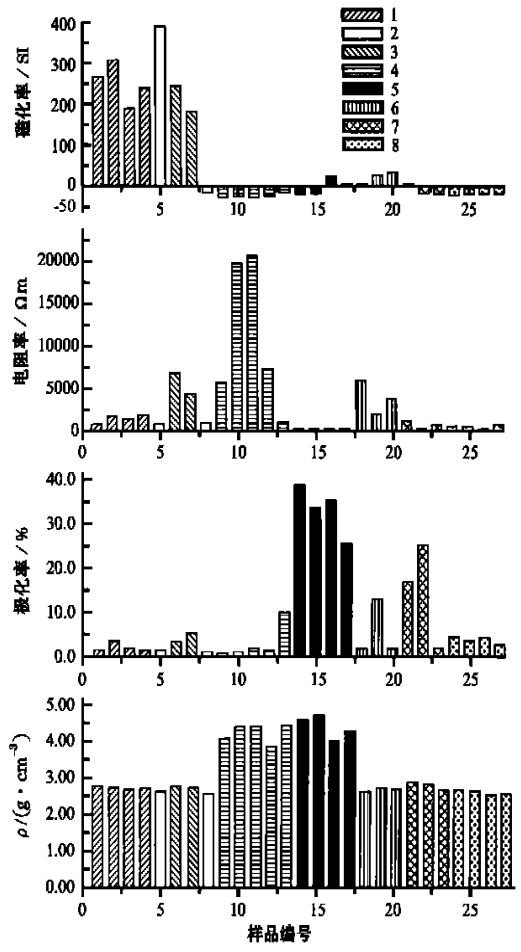


图 5 呷村矿区物性测量结果

1—安山岩; 2—碳质板岩; 3—灰岩; 4—重晶石岩; 5—块状矿; 6—铜矿化流纹岩; 7—铅锌矿化流纹岩; 8—流纹岩

Fig. 5 Rock properties of Gacun VHMS deposits

1—Andesite; 2—Carboniferous slate; 3—Limestone; 4—Barite; 5—Massive orebody; 6—Rhyolite with Cu mineralization; 7—Rhyolite with Pb_Zn mineralization; 8—Rhyolite

1.5 岩石、矿石物性特征

矿区主要岩石、矿石的物性测量结果表明(图5):块状矿表现为低磁化率、低电阻率、高极化率和高密度值的特征,其物性特征完全由组成矿物的物性特征决定。对绝大多数由金属矿物组成的矿石来说,都表现为低阻、高极化和高密度,磁性的强弱主要取决于铁磁性矿物含量的多少。由于呷村矿床块状矿石中绝大部分是反磁性矿物(闪锌矿、方铅矿、重晶石等),只有微量铁磁性矿物(磁黄铁矿),因此整体表现为无磁性或反磁性。脉状_网脉状矿的电性(电阻率、极化率)变化较大,电阻率的大小与矿石中金属矿物的含量和连通性成正比。由于网状_脉状矿的容矿岩石为流纹岩(高阻、低极化),当矿石中金属矿物含量低或连通性差时表现为高阻,这就是为什么呷村矿床网脉状矿电阻率变化较大的原因。极化率主要受金属矿物含量的影响,大多数网_脉状

❷ 王海平, 唐绍华, 张宗贵, 等. 1999. 义敦岛弧及邻区内生多金属矿产的遥感应用研究. 科研报告.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

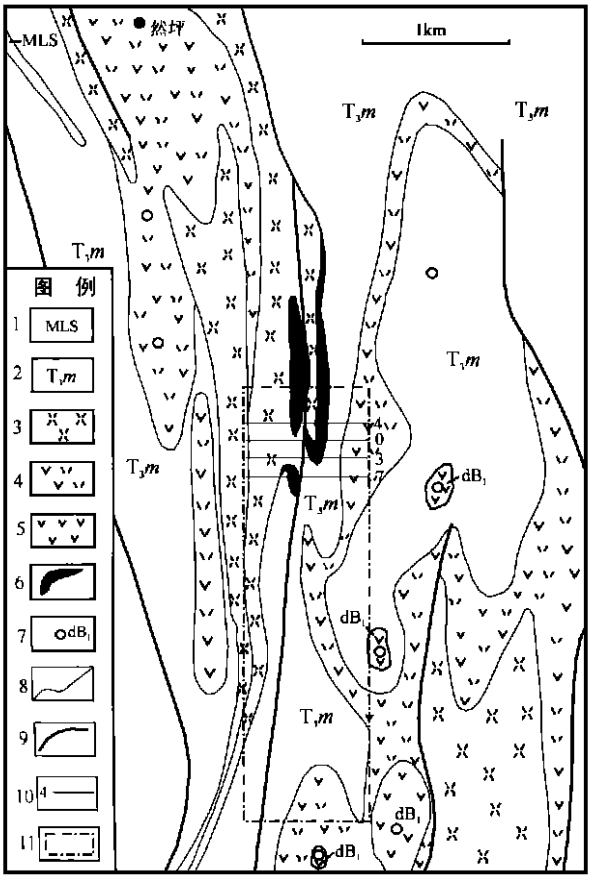


图 6　呷村矿床地质简图(据四川省地勘局 108 地质队修改❶)

1—结晶灰岩; 2—勉戈组火山沉积岩系; 3—流纹质岩类; 4—英安岩类; 5—安山岩类; 6—脉(网)状铅锌矿体; 7—火山喷口(火山机构); 8—地质、岩相界线; 9—断层; 10—综合勘探剖面及编号; 11—矿区磁测范围

Fig. 6　Geological sketch map of Gacun deposit

1—Crystalline limestone; 2—Miange Formation: volcanic sedimentary series; 3—Rhyolite series; 4—Dacite series; 5—Andesite series; 6—Vein_stockwork Pb_Zn orebody; 7—Intrusion center; 8—Geological boundary; 9—Fault; 10—Exploration line; 11—Magnetic survey area

矿都具有一定的极化强度。

1.6　综合物(化)探异常特征

为研究呷村型矿床的地球物理响应特征, 以选择勘查此类矿床的最佳方法及组合, 研究组在呷村矿区做了瞬变电磁法(TEM), 可控源音频大地电磁法(CSAMT), 高密度电法和高精度磁法、磁梯度法。

高精度磁法: 在呷村矿区共布设了 12 条测线, 测线东西方向, 垂直矿带(图 6)。测量的总场异常经化极后的 ΔZ 异常如图 7 示。图 7 总体反映了矿区的岩性分布特征, 测点 900 号以西的低缓正异常反映的是磁性相对较强的安山岩, 900 号点以东的大片负异常区反映的是无磁性或反磁性的流纹岩、矿化流纹岩、矿体及重晶石岩。在大片负异常区中, 有局部"环状"正异常, 经核实, 均为钻孔或平洞内的残留铁器引起。根据物性测量结果, 作为找矿标志的重晶石岩具有反磁性特征, 块状矿中近 1/4 为重晶石。从理论上讲, 负异常强度越大的地方, 就是越有利于成矿的地方; 实测结果也证实了这一点, 在图 7 中, 负异常中心地带与矿体和矿化体有较好的对应。磁异常虽然不能直接圈定矿体, 但可以根据磁异常圈定具有低磁异常的沉积盆地和高磁异常的火山活动中心, 从而确定最有利的成矿部位。

高密度电法: 在矿区主矿体上做了两条高密度试验剖面(0 线, 3 线), 测量视电阻率和一次场与二次场的相位差(与极化率成正比)。测量结果如图 8(A)所示, 对应的地质剖面如图 8(B)。可以看出视电阻率(低值区)与相位差(绝对值高值区, 与极化率成正比)等值线很好地确定了矿床(体)的空间形态。矿床主体由两个近似垂直的矿体组成(矿体中心分别位于 1 175 m 和 1 225 m 处, 分别称作西部和东部矿体), 从 0 测线测量结果看, 矿床垂直延伸大于 250 m, 宽大于 200 m, 而且视电阻率反映的矿床范围要小于由相位差反映的矿床范围。这主要是因为相位差反映的矿床范围包括浸染状矿和脉状矿的空间范围, 而视电阻率所确定的矿床范围主要是块状矿和连通较好的脉状矿床的范围。这一测量结果与物性结果十分一致。3 线的测量结果显示, 两种参数反映的矿床范围差异更大, 由相位差反映出的矿床范围远大于由视电阻率反映出的矿床范围, 表明呷村矿床脉状和浸染状矿是矿床的重要组成部分。

可控源音频大地电磁法(CSAMT): 在呷村矿区共进行了 4 条剖面的试验测量工作, 依次为测线 4、0、3、7(见图 6)。4 线和 0 线同时通过以块状矿为主的东部矿体和以脉状、浸染状矿为主的西部矿体, 该矿体在 4 线附近最厚, 向南到 0 线逐渐变薄, 到 3 线、7 线已消失。3 线和 7 线穿过的矿体虽然同是东部和西部矿体, 但以浸染状和脉状矿为主, 基本已没

❶ 四川省地勘局 108 地质队. 1986. 呷村矿区地质勘查报告.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

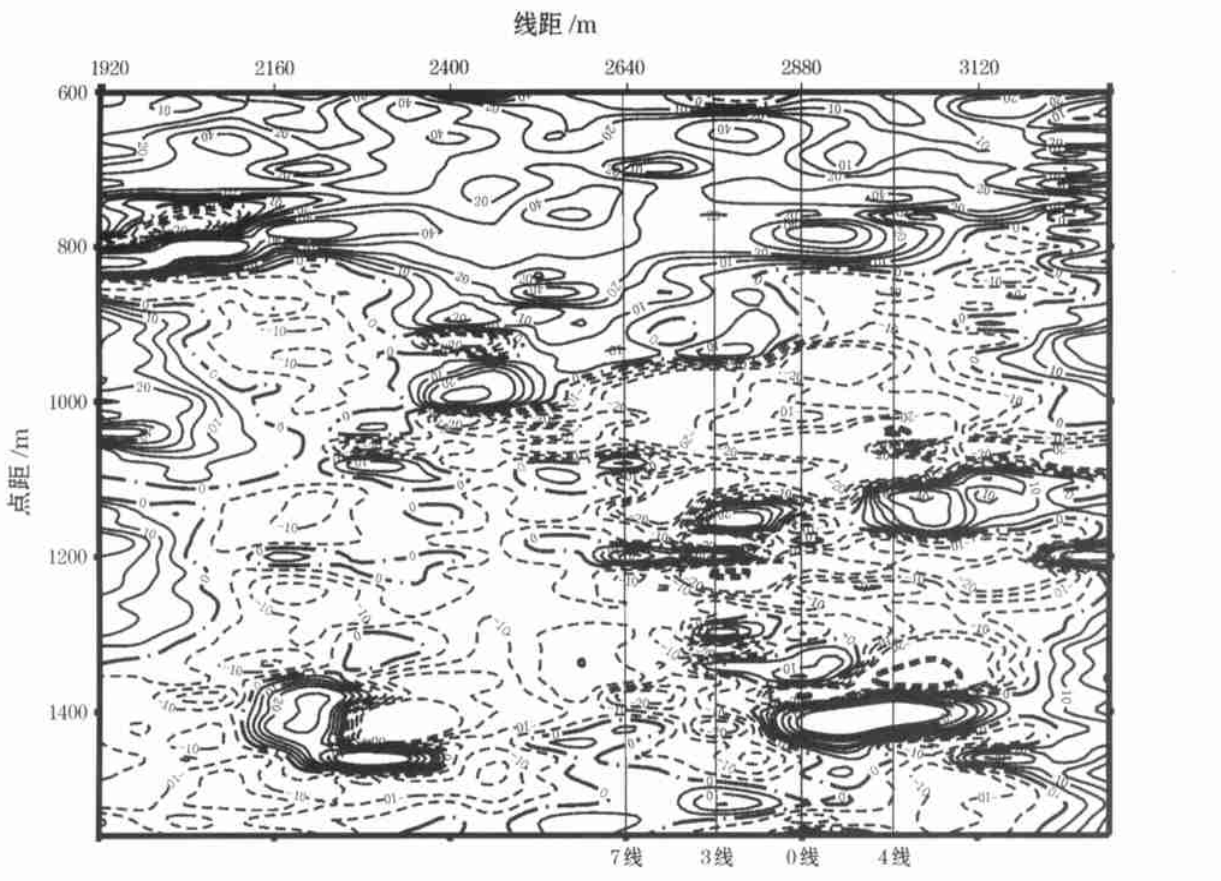


图 7 呷村矿区高精度磁测 ΔZ 异常图(等值线间距 5 nT)

Fig. 7 ΔZ magnetic anomaly map of Gacun deposit
(Contour interval 5nT)

有块状矿。4 条测线的测量结果经反演得到的视电阻率如图 9。以块状矿为主的东部矿体表现为近垂直的带状低阻异常, 但仅出现在 4 线和 0 线剖面上。以浸染状和脉状矿为主的西部矿体及 3 线、7 线穿过的东部矿体并没有得到很好的反映。与高密度的测量结果相比, CSAMT 的低阻异常仅出现一个, 而且相对较宽, 似乎是两个矿体的综合反映, 而高密度的视电阻率结果无论是 0 线还是 3 线, 都清晰地反映出两个矿体的存在, 可见 CSAMT 结果的分辨率不如高密度电法。

2 呷村型矿床综合勘查技术方法组合

勘查技术方法及组合的选择取决于矿产资源预测(或勘查评价)进行的阶段, 不同阶段使用不同的技术方法组合。这里所谓的勘查技术方法是指那些能用来解决某一实际地质问题、工作相对独立以及有系统的原理、工作方法、工作规范和解释原理的技术方法。譬如地质剖面法、地质填图法、航空磁法、地面磁法、激法极化法、自然电位法、瞬变电磁法、土壤化探法等。一般情况, 可以将成矿预测分为 4 个阶段: 地区选择阶段、靶区选择阶段、矿体(田)详查(定位)阶段和储量预测评价阶段。其中第二、三阶段是矿产资源预测的重点, 常常可以把矿产资源预测简化为这两个阶段。在地区选择阶段, 除了要考虑一些区域方法技术, 如区域航磁、化探外, 还要考虑非技术因素, 如国家发展战略、交通、电力、劳动力等人文地理因素。而储量评价阶段则主要靠钻探。相比之下, 第二、三阶段对技术方法的要求最高, 方法技术的变化也最大。

根据呷村 VHMS 矿床模式, 结合对该类型矿床物性的研究和实际物探方法试验结果, 可以将此类矿床不同勘查评价阶段使用的最佳技术方法及使用每种方法要解决的具体地质问题归纳如表 1。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

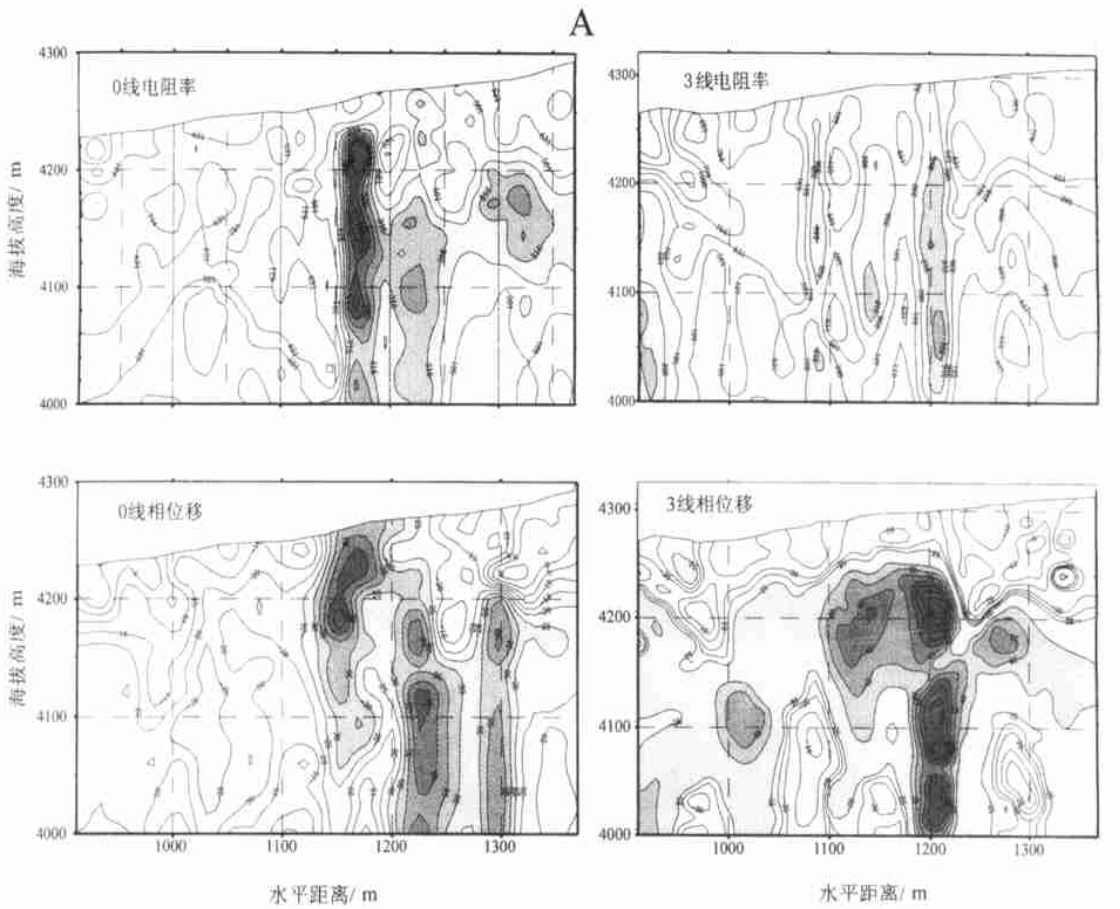


图 8　A—呷村矿区 0线、3 线高密度电法反演结果(上: 视电阻率, 下: 相位移); B—对应的剖面地质图

Fig. 8　A—Inversion results of high density electric method along profile 0 and 3; B—Corresponding geological cross_section of profile 0 and 3

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

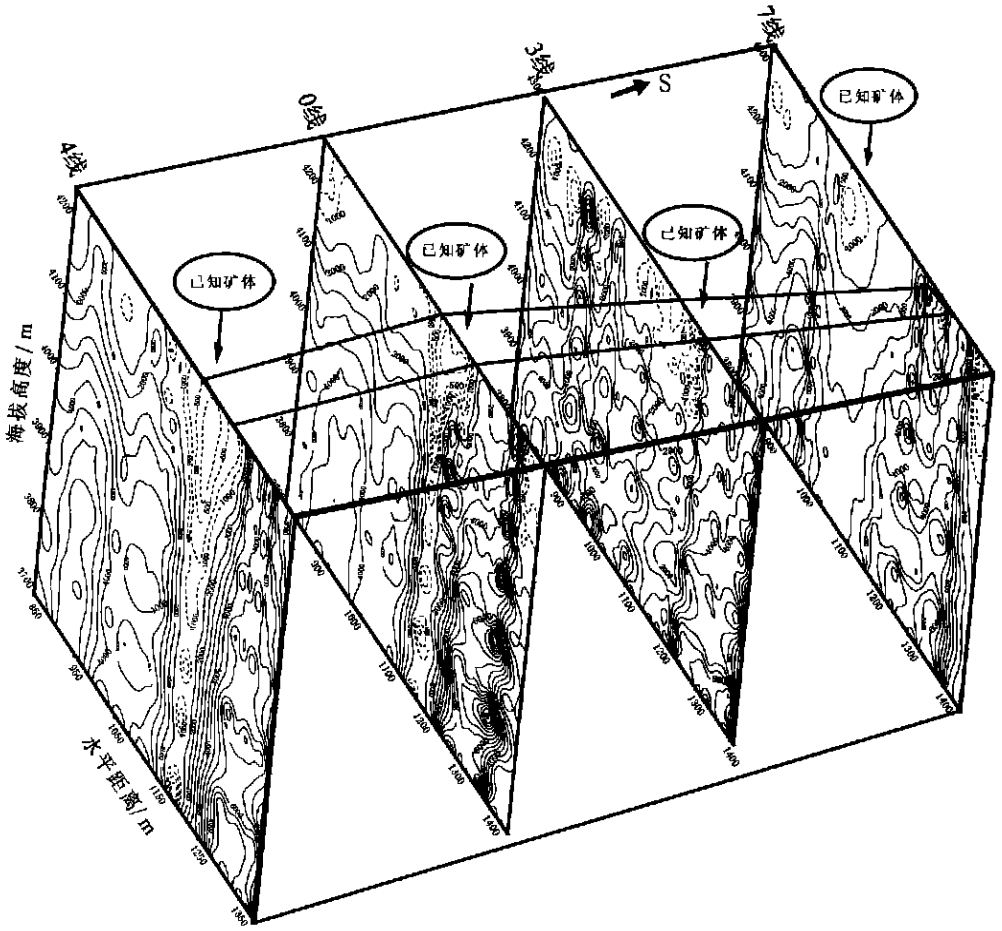


图 9 呷村矿区 4, 0, 3, 7 线 CSAMT 视电阻率反演结果

Fig. 9 Inversion results of CSAMT of profile 4, 0, 3 and 7

表 1 不同阶段 VHMS 型矿床勘查评价的方法技术

Table 1 Technologies used at various stages in the exploration of VHMS deposits

方法或技术	地区选择 靶区选择 详查阶段 储量评价	拟解决的问题
社会人文环境		国家需求，交通、电力、劳动力等综合开采条件
区域构造背景		沟-弧-盆体系的时、空分布及演化过程。岩浆弧的性质及结构（弧间裂谷，还是弧后盆地）
已知VHMS矿床		已知矿床的分布、类型、规模及数量等
遥 感		寻找与火山侵入中心有关的区域构造，构造交汇处，环形构造等特征。圈定蚀变带，次生氧化带
航磁(电、放)		航磁圈定火山侵入中心及相关的蚀变带，航电辅助岩性填图；航放圈定高钾蚀变带和火山侵入中心
水系地球化学		快速圈定铜、锌、铅异常区带及钡、砷、钠等异常
EM和放射性		圈定矿化蚀变带（低阻、高放射性异常带）
地质勘查		寻找找矿标志：是否有铜铅锌矿化？火山液爆角砾岩？蚀变类型？岩性标志：喷气岩、硅质岩、重晶石岩等
地质填图		构造、地层、沉积相分析，找出古火山沉积盆地
岩石地球化学		圈定含矿层位及分布，矿石物质组成及来源
激发极化（各类电法）		圈定矿化蚀变带（高极化率、低阻、低磁异常带），确定矿体空间形态，估计品位
土壤地球化学		确定矿体位置，揭示深部矿体的规模
钻 探		证实矿体存在，矿化的性质、品位，控矿因素以及矿体规模

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3　结　论

呷村 VHMS 矿床的综合找矿模式, 概括总结为 6 个要点:

(1) 大地构造背景为拉张环境下的岛弧裂谷或弧后扩张盆地。

(2) 局部成矿地质环境为局部控矿断陷盆地, 海相深水沉积环境; 火山旋回次数少, 持续时间长, 强度适中; 岩浆活动次序由基性到酸性, 酸性岩浆规模较大。

(3) 地质找矿标志为铜多金属矿化或裂隙充填铜铅锌矿脉; 硫化物氧化带(蓝铜矿, 孔雀石) ; 火山构造及岩相标志(破火山口, 液爆角砾岩, 凝灰质角砾岩, 喷气岩, 硅质岩, 重晶石岩) ; 热液蚀变有绿泥石化, 绢云母化, 硅化; 局部正地形。

(4) 区域物(化) 遥异常特征为区域正磁异常(短轴状) , 区域重力梯度带, 区域遥感环状构造或构造交叉部位。区域铅、锌、铜多金属化探异常及 Ba、As 等异常。

(5) 矿石物性特征表现为块状矿, 具高密度, 低磁化率或负磁化率(反磁性) , 高激化率, 极低电阻率; 网脉矿, 具中等密度, 低磁化率, 高极化率, 高(低) 电阻率(取决于连通性) 。

(6) 综合物探异常是平缓负磁异常(低磁异常) , 带状低电阻率异常, 带状高激化率异常。

致　谢　在本研究的野外地球物理测量工作期间, 曾得到四川省地矿局科研所侯立伟教授级高工、四川省地勘局 108 地质队曾建极、徐明基教授级高工及成都理工学院同行的大力支持和指导。106 地质队呷村野外分队在野外生活上给予了无私的帮助, 在此向上述提到的人员和单位一并表示最衷心的感谢。

参考文献

侯增谦, 莫宣学. 1991. 义敦岛弧的形成演化及其对三江地区黑矿型块状硫化物矿床的控制作用[J]. 地球科学, 16(2): 153~ 164.

侯增谦, 侯立伟, 叶庆同, 等. 1992. 三江地区义敦岛弧的构造—岩浆演化与汞、银、金多金属成矿系列[J]. 矿床地质研究所所刊, 25: 17~ 34.

侯增谦, 侯立纬, 叶庆同, 等. 1995. 三江地区义敦岛弧构造_岩浆演化与火山成因块状硫化物矿床[M]. 北京: 地震出版社.

侯增谦, 曲晓明, 徐明基, 等. 2001. 四川呷村 VHMS 矿床: 从野外观察到成矿模型[J]. 矿床地质, 20(1): 44~ 56.

胡世华, 罗再文, 曾宜军, 等. 1992. 川西义敦岛弧火山—沉积作用[M]. 北京: 地质出版社.

徐明基, 傅德明, 尹裕明, 等. 1993. 四川呷村银多金属矿床[M]. 成都: 四川科学技术出版社.

Hou Z Q, Khin Zaw, Qu X M, et al. 2001, Origin of the Gacun volcanic_hosted massive sulfide deposit in Sichuan, China: fluid inclusion and oxygen isotope evidence[J]. Econ. Geol., 96(7).

Mitchell A H G, M S Garson. 1981. Mineral deposits and global tectonic settings[M]. London: Academic Press Inc. Ltd.

Thompson J F H. 1995. Exploration and research related to porphyry deposits, in porphyry deposits of the northwestern Cordillera of North America[A]. Schroeter T G ed. CIM Special Volume[C]. 857~ 870.

Integrated Prospecting Model for Gacun Volcanic_hosted Massive Sulfide Deposit , Sichuan Province

Lu Qingtian[1], Hou Zengqian[1], Zhao Jinhua[1], Wu Fengxiang[2], Huang Lijun[2]

(1. Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, Hebei, China)

Abstract

The Gacun volcanics_hosted massive sulfide (VHMS) deposit is the largest gold_bearing and silver_rich polymetallic deposit in southwest "Three River" area, and hence a comprehensive prospecting model is needed for regional ore prognosis. Extensive geophysical experiments, such as magnetics, Control Source Audio Frequency Magnetotellurics (CSAMT), Transient electromagnetic Method(TM) and high density electric method,

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

were conducted in the deposit. The results obtained, combined with other studies such as mineral geology, geochemistry, remote sensing, have led to the formulation of a comprehensive prospecting model followed by six principal headings: (1) Regional geological setting; (2) Local geological setting; (3) Geological prospecting criteria; (4) Regional geophysical (geochemical) and remote sensing definition of the deposits; (5) Physical properties of the ore and host rocks; (6) Geophysical expression of the deposits. According to the six principal headings, the ore_prospecting model for VHMS deposits can be summarized as follows: the deposits were produced in back_island arc rift settings related to extensional regimes, and controlled by local fault basin. The magmatic activities were moderate and lasted for a long time, and the intrusion evolved from acid to basic, with the acid magmatism being dominant. The geological prospecting criteria include the presence of copper mineralization or vein type lead_zinc mineralizations which fill in rock cracks, the presence of oxidized sulfide minerals such as malachite and azurite, the existence of the intrusion center and some characteristic rocks such as magmatic_hydrothermal breccia, barite, and dolomite, and the presence of such alterations as chloritization, sericitization and silication. The deposits and neighboring areas show positive magnetic anomalies and gravity gradient anomalies in regional map, the deposits lie at the intersection points between the remote sensing circular structure and the linear structure, and there exist regional geochemical Pb, Zn, Cu, Ba and As anomalies. The massive orebodies are characterized by high density, low or negative susceptibility, high polarizability and low resistivity; nevertheless, the vein_stockwork orebodies assume moderate density, low susceptibility and high polarizability. Correspondingly, the deposits show low magnetic, low resistivity and high polarization anomalies. In addition, this paper summarized the technologies used at various stages in the exploration of VHMS deposits, which are of great significance in regional reconnaissance and evaluation.

Key words: prospecting model, Gacun, volcanics_hosted massive sulfide deposit, geophysical anomaly

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net