

四川盐源马思罗金矿区物化探异常特征及外围找矿远景

杨忠芳¹ 张志斌² 康亚龙¹ 张厚亮¹ 陈钧渝³

(1. 四川省核工业地质调查院; 2. 四川省核工业地质局二八一大队; 3. 成都理工大学地球科学学院)

摘要:四川盐源马思罗金矿区位于扬子板块西缘盐源—丽江构造带中段,其内金铜铅锌成矿条件良好。重点阐述了马思罗金矿区物化探异常特征。其中,激电测量显示地表矿体深部存在低阻高激化异常;1:5 万水系沉积物测量,圈出了 2 处 Au 为主的化探异常,其面积大,分带清晰,浓集中心明显,元素组合特征指示成矿作用与中低温热液有关。另外,在矿区外围新发现 1 处金矿点和 2 处铜金矿点。在综合分析研究矿区及外围物化探异常,金矿控矿因素、成矿条件的基础上,圈出 2 处寻找与中低温热液有关的中大型铜金矿床远景区。

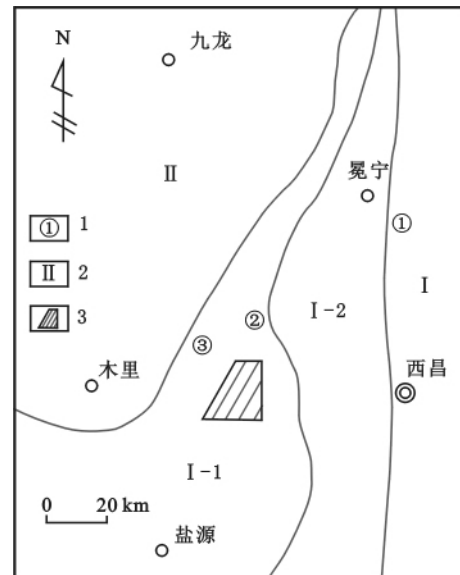
关键词:物化探异常特征;马思罗金矿区;铜金矿床;找矿远景;四川盐源

中图分类号:P 618.51 文献标志码:A 文章编号:1001-1277(2011)12-0017-05

四川盐源马思罗金矿区位于扬子板块西缘盐源—丽江构造带中段。西侧紧邻松潘—甘孜构造带,东邻康滇古陆和扬子陆块^[1]。各构造单元以小金河断裂、金河—菁河断裂、安宁河断裂为界(见图 1)。受扬子陆块与可可西里—雅江陆块两大构造单元的作用,盐源—丽江陆缘拗陷带内的沉积作用、岩浆活动、构造演化及成矿机制各具特色,金铜铅锌等成矿条件优良,已发现多处金矿床和铜金矿点^[2]。

1 区域地质概况

马思罗金矿区地层区划属盐源—丽江分区的盐源—宁蒍小区,出露地层主要为二叠系和三叠系。二叠系为一套海陆交互沉积建造;三叠系为一套滨海—浅海(或泻湖相)海陆交互碎屑岩、碳酸盐岩沉积建造。区域岩浆活动严格受区域性深大断裂控制,具长期性、继承性、多期演化的特点。主要表现为晚二叠世沿深大断裂基性岩浆喷发形成的峨眉山玄武岩和印支—燕山期小规模的中基性辉绿岩脉与煌斑岩脉。区域变质作用以低绿片岩相为主,主要为板理化粉砂岩和绿泥石化砂岩、粉砂岩及大理岩^[3]。



1—断裂及编号 2—构造单元 3—矿区
①—安宁河断裂 ②—金河—菁河断裂 ③—小金河断裂
I—扬子陆块 I-1—盐源—丽江陆缘拗陷带
I-2—康滇古陆 II—松潘—甘孜构造带
图 1 马思罗金矿区大地构造位置图

收稿日期:2011-09-25

作者简介:杨忠芳(1983—),男,山西怀仁人,助理工程师,硕士,主要从事地质矿产调查研究工作;成都市二环路东四段 298 号,四川省核工业地质调查院 610061

Orientation breakthrough of -1 000 meters deep orebodies in Dayingezhuang-Houcang segment of Zhaoping fault belt

Deng Xiangwei, Dai Xueling, Peng Shenglin, Yang Bin
(School of Geosciences and Info-Physics, Central South University)

Abstract: In order to make sure the location of the orebodies 1 000 meters below the ground, it is essential to consider the geological background of the mining area, select the suitable exploration method and verify the target area. Dayingezhuang gold deposit occurs in the altered rock of Zhaoping fault belt and its huge variation of the lithology in the upper and lower plate causes the large resistivity differences. So it is suitable to use magnetotelluric method (EMT) on the spatial orientation of the deep orebodies. And its well-developed fault and fracture structures make the selection of the tectonic geochemical primary halo meanings effective. In fact, the two meanings are the suitable methods for the deep exploration in the area.

Keywords: Zhaoping fault belt; deep exploration; magnetotelluric method; tectonic geochemistry; Dayingezhuang gold deposit (编辑: 宿晓静)

2 矿区地质特征

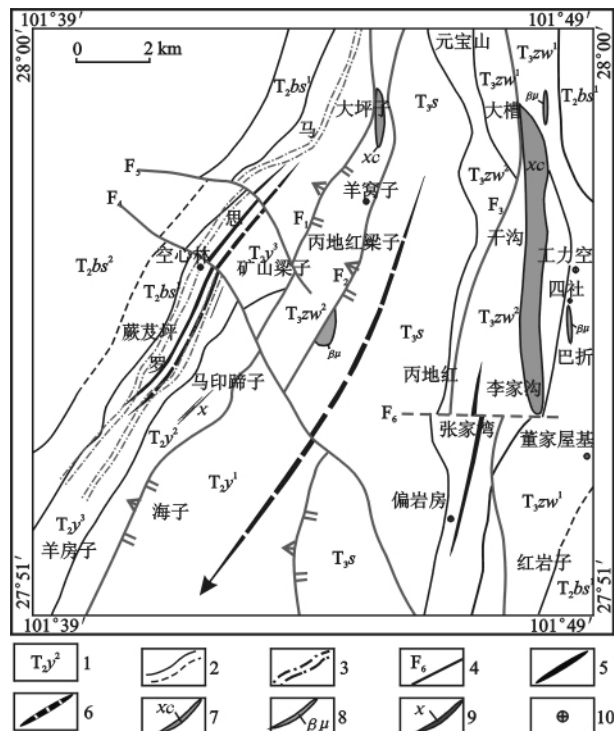
马思罗金矿区出露地层主要为中、上三叠统。由老到新为中三叠统盐塘组(T_2y)和白山组(T_2bs)，上三叠统中窝组(T_3zw)和松桂组(T_3s)。盐塘组为一套灰—灰绿色粉砂岩、细砂岩，偶夹浅灰—灰白色大理岩的浅海相陆源碎屑岩—碳酸盐岩建造。根据岩性组合特征可划分为3个岩性段：第一段(T_2y^1)以深灰色粉砂岩夹薄层大理岩为特征；第二段(T_2y^2)以灰绿色细砂岩与铁白云石化大理岩的韵律层为特征；第三段(T_2y^3)以粉砂岩夹暗紫色纹层状泥钙质条带为特征。白山组以灰色、深灰色泥灰岩、白云质灰岩为特征，属局限海盆环境的碳酸盐岩建造，亦可划分2个岩性段：下段(T_2bs^1)为灰色、深灰色泥灰岩，上段(T_2bs^2)为灰白色白云质灰岩。中窝组发育一套陆表浅海碎屑岩与碳酸盐岩沉积，可划分2个岩性段：下段(T_3zw^1)为浅灰色薄层状细砂岩，上段(T_3zw^2)为粉砂岩夹大理岩。松桂组为一套浅灰绿色复成分砂岩为主的半深海陆源碎屑—火山碎屑沉积岩。三叠系地层普遍发生了板理化与绿泥石化，但岩石结构和沉积构造清晰可辨，属低绿片岩相变质岩^[2]。

褶皱+断裂为矿区的基本构造格局。三叠纪末，伴随区域性的地壳抬升，发生了广泛的海退，区内结束了浅海盆地沉积，进入大陆构造演化阶段。随后持续的近东西向挤压，形成了海子复式向斜和北东向纵断层与北西向横断层，并在马思罗沟两侧的坚硬岩层和软弱岩层之间发生脆韧性变形，形成两条规模较大的糜棱岩带。

褶皱构造主要为海子复式向斜。断裂构造以北东向断裂为主，北西向断裂次之，前者为逆断层，后者为张扭性断层，且北西向断层多错断北东向断层(见图2)。

矿区仅发现小规模侵入岩体，以辉绿岩为主，次

为煌斑岩和碳酸岩，其中，辉绿岩、煌斑岩均与金矿化有关。



1—地层代号 2—实测及推测地层界线 3—糜棱岩带
4—断层及编号 5—背斜轴线 6—向斜轴线
7—碳酸岩脉 8—辉绿岩脉 9—煌斑岩脉 10—矿(化)点

图2 马思罗金矿区地质图

3 物探异常特征

3.1 岩(矿)石电性特征

马思罗矿区岩(矿)石电性参数测定采用标本泥团法，使用重庆奔腾数控研究所生产的WDJS-2型数字直流激电仪和WDYX-1型岩样测试信号源。野外工作共采集测定各类岩(矿)石物性标本171块，岩(矿)石电性参数见表1。

表1 岩(矿)石电性参数统计表

岩性	测量数	视极化率 $\eta_s / \%$			视电阻率 $\rho_s / (\Omega \cdot m)$		
		变化范围	常见值	均值	变化范围	常见值	均值
灰岩	18	0.37 ~ 1.58	0.92	1.03	6 763 ~ 28 762	13 700	12 078
粉砂岩	16	0.55 ~ 1.79	1.23	1.31	5 922 ~ 26 241	12 386	10 616
大理岩	29	0.93 ~ 2.74	1.35	1.47	1 332 ~ 13 800	5 306	8 018
细砂岩	15	0.47 ~ 1.88	1.20	1.25	5 922 ~ 26 241	12 386	10 616
糜棱岩	22	0.82 ~ 2.03	1.53	1.42	1 726 ~ 10 473	4 135	4 573
碳酸岩	22	0.98 ~ 2.54	1.55	1.72	953 ~ 8 463	2 512	3 279
辉绿岩	8	0.87 ~ 1.88		1.56	4 837 ~ 18 362		10 831
煌斑岩	17	0.83 ~ 1.69	1.4	1.37	3 308 ~ 19 432	10 345	10 920
矿石	24	1.48 ~ 4.63	3.18	2.72	897 ~ 11 845	4 870	5 455

由表 1 可见,矿(化)石和围岩的电性特征有明显差异,尤以极化率差异最明显(见图 3)。矿石电性特征呈低阻高极化,极化率高出围岩近一倍;灰岩、粉砂岩和细砂岩呈高阻低极化,电阻率高出矿石 1 倍以上,极化率不到其 1/2;粉砂岩、大理岩呈相对低阻高极化,但极化率不到矿石的 1/2;糜棱岩、碳酸岩呈低阻相对高极化,但极化率不到矿石的 2/3;辉绿岩、煌斑岩呈相对高阻低极化,极化率不到矿石的 1/2,电阻率高出其 1 倍以上。由此可见,围岩与矿石的电性差异明显,可以有效的区分矿(化)体和围岩。

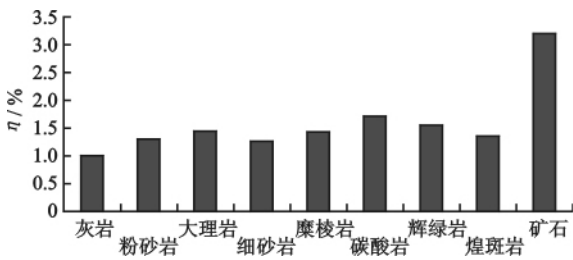


图 3 岩(矿)石极化率柱状图

3.2 物探异常特征

在马思罗金矿区开展了 1:1 万激电中梯剖面测量,共圈出 JD 1、JD 2、JD 3 三处北东向展布的激电异常。其中:JD 1 位于矿区北部空心林,呈北东向展布,长约 600 m,宽约 40 m,异常峰值为 2.42%;JD 2 位于矿区中部马蹄梁子,呈北东向展布,长约 200 m,宽约 40 m,异常峰值为 2.41%;JD 3 位于马印蹄子附近,呈椭圆状北东向展布,长约 600 m,平均宽约 80 m,异常峰值为 2.94%。3 处激电异常均位于赋矿地层盐塘组第二段中,视极化率曲线均呈锯齿状,北西缓、南东陡降,相对应的视电阻率呈现梯度变化特征,说明异常由近地表倾向北西的陡状高极化体引起。优选 JD 1 异常,在地表及深部开展工程验证,证实其为矿致异常。因此,推断 JD 2、JD 3 异常深部可能存在隐伏含金硫化物矿体。

表 2 马思罗金矿区综合异常特征

异常编号	地球化学特征	地质概况
HS-1	为 Pb - Ag - As - Hg - Mo - Sb - Sn - Th - W 组合异常,异常面积约 8 km ² 。Pb、Mo、Sb 平均质量分数分别为 172×10^{-6} 、 22.78×10^{-6} 、 10×10^{-6} ; 极值为 412×10^{-6} 、 60.4×10^{-6} 、 16.5×10^{-6} 。由于设计采样范围的原因,异常区在东部未圈闭,有向东延伸的趋势	异常位于 F ₁ 和 F ₅ 两条断裂交汇处, F ₁ 断裂西侧出露盐塘组第三段蚀变粉砂岩、铁白云石化大理岩,东侧出露中窝组上段泥质灰岩、铁白云石化大理岩。异常区内无 Au 异常,但异常区东部未圈闭部分发现 Au 矿化点
HS-2	为 Ag - Pb - As - Au - Sb - W - Zn 组合异常,异常面积约 7 km ² 。Au、Ag、Sb、Zn 平均质量分数分别为 121.64×10^{-9} 、 17.06×10^{-6} 、 324.67×10^{-6} , 极值为 710×10^{-9} 、 84×10^{-6} 、 501×10^{-6}	异常主要出露盐塘组第二段细砂岩、铁白云石化大理岩和盐塘组第三段铁白云石化大理岩。异常区东侧紧邻 F ₁ 断裂,西部有煌斑岩脉分布,且有一条糜棱岩带穿过异常区
HS-3	为 Pb - Ni - Mo - As - Sb - Hg - Au - Th 组合异常,异常面积约 7 km ² 。Au、Pb、Sb 平均质量分数分别为 35.95×10^{-9} 、 73.17×10^{-6} 、 77×10^{-6} , 极值为 52.8×10^{-9} 、 82.9×10^{-6} 、 174×10^{-6} 。由于设计采样范围的原因,异常区在南部未圈闭,有向南延伸的趋势	异常主要出露盐塘组第三段蚀变粉砂岩。异常区外北部有糜棱岩带发育,东部紧邻 F ₁ 断裂

4 化探异常特征

4.1 化探综合异常特征

在马思罗金矿区开展 1:5 万水系沉积物测量 100 km², 全区共采集水系沉积物样品 307 件, 分析 14 种元素, 经 R 型聚类分析(见图 4), 从 0.5 相关水平上可分为 6 组: Sn、Th、Zn、Cu; Ni; Pb、Ag、Au、As、Sb、Hg; W; Mo; Bi。说明主成矿元素 Au 在成矿过程中的多期性。高温成矿元素 Sn、Th 相关系数高达 0.788, 并伴随中温成矿元素 Zn、Cu 的叠加; Pb、Au、Ag 相关系数最高达 0.776, 并伴随低温成矿元素 As、Sb、Hg 的叠加。从元素组合特征来看, 主成矿元素 Au 与中低温热液有关。

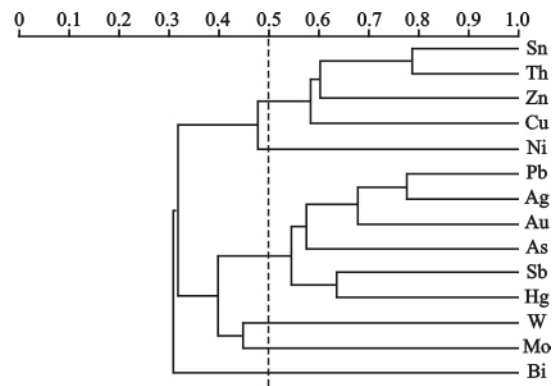
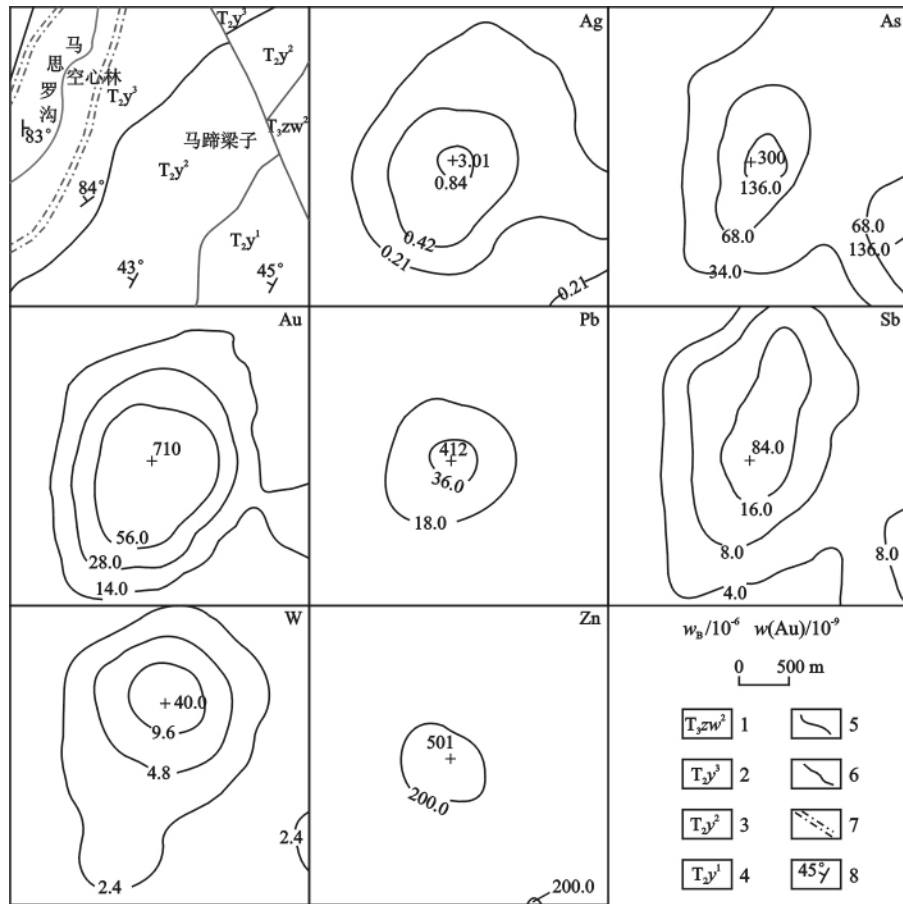


图 4 14 种元素 R 型聚类分析谱系图

根据各元素的地质特征、相关性和成矿条件等, 并参考区域元素组合特征及元素间的关系, 在马思罗金矿区共圈出 HS-1、HS-2、HS-3 三处综合异常(见表 2)。其中 HS-2 综合异常位于马思罗金矿主成矿区空心林—马印蹄子之间, 为 Au、Zn、As、Ag、Sb、W、Pb 组合异常, 元素异常套合好, 形态呈椭圆形, 面积约 7 km², 浓集中心突出(见图 5)。其中以 Au、Pb、Ag 3 元素异常最为发育, 并具有同一浓集中心和相似的浓度分带。通过单元素异常圈定。



1—灰岩、大理岩 2—粉砂岩、大理岩 3—细砂岩、大理岩 4—粉砂岩 5—地质界线 6—断裂 7—糜棱岩带 8—地层产状
图5 马思罗金矿区 HS-2 地球化学异常剖析图

在 HS-2 综合异常中圈出了 Au-1 单元异常、在 HS-3 综合异常中圈出了 Au-2 单元异常。

4.2 金单元异常特征

本次水系沉积物测量共圈出 Au-1、Au-2 异常 2 处，Au 变异系数为 2.143。Au-1 异常位于空心林—海子一带，为综合异常 HS-2 的主要组成部分，呈带状展布，异常面积约 3 km²，异常强度高，Au 最高质量分数为 710 × 10⁻⁹，平均值 121.64 × 10⁻⁹，异常区出露岩性主要为细砂岩夹薄层状的铁白云石化大理岩。Au-1 异常具有沿 F₁ 和 F₄ 分布的特点，且异常浓集中心位于 F₁ 和 F₄ 的交汇部位。异常区内发现前人采金矿遗址 20 多处。此次工作地表共揭露出 2 条金矿化带，产有 13 条金矿体，最大规模的一条长 380 m，平均厚度 1.93 m，金平均品位 5.49 × 10⁻⁶。Au-2 异常位于羊房子一带，呈长椭圆形，异常区出露岩性为盐塘组第三段灰—灰绿色粉砂岩，面积约 1 km²，异常强度高，连续性好，异常最高值 52.8 × 10⁻⁹。

5 主要矿床(点)特征

马思罗金矿区主要矿床(点)有马思罗金矿床、羊窝子金矿点、工力空铜金矿点和四社铜金矿点(见图 2)。

马思罗金矿床主要赋存于盐塘组第二段(T₂y²)灰绿色细砂岩与铁白云石化大理岩中。共产有 13 条金矿体。矿体规模大小不等，最长一条矿体长 380 m，平均厚度 1.93 m，平均品位 5.49 × 10⁻⁶。矿石主要金属矿物为黄铁矿，含少量方铅矿、闪锌矿、黄铜矿和自然金；脉石矿物以铁白云石为主。矿石结构以不等粒自形—半自形晶结构、他形粒状结构为主；矿石构造以浸染状、细脉浸染状、网脉状构造为主。矿体围岩蚀变有两种：一是与碳酸岩岩浆侵入有关的蚀变，形成了“碳酸岩化带”，以富铁白云石为特征；二是与含黄铁矿石英脉有关的蚀变，形成了黄铁绢英岩化带。

羊窝子金矿化点位于马思罗金矿北东部，矿(化)体赋存于上三叠统中窝组上段，因碳酸岩岩浆侵入作用，白云质灰岩大多已蚀变为铁白云石化大理岩，后期伴随区域低温动力变质作用出现低绿片岩相(绿泥石+绢云母)矿物组合的变质带。矿(化)体在地表出露断续长约 800 m，宽 1.0~6.0 m，呈似层状产出，矿体产状为 285°∠61°。矿石主要矿物成分为铁白云石化大理岩，肉眼可见黄铁矿自形晶颗粒呈星散状分布，五角十二面体为主，次为立方体，粒径 0.1~0.5 mm，相对含量约 2%；脉石矿物主要为石

英、绢云母和绿泥石等。槽探工程刻槽取样分析结果显示 Au 品位最高达 12.88 g/t。

工力空铜金矿点位于工作区最东部的巴折乡境内,矿(化)体赋存于上三叠统中窝组下段泥灰岩中,矿体围岩较破碎,剪解理发育,节理面上可见孔雀石和蓝铜矿。整个铜矿化带宽约 30 m,矿(化)体呈脉状产出,受断裂裂隙控制,厚 2.0~5.0 m,长大于 110.0 m,Cu 品位最高达 15.42%。此外伴随铜矿化发育石英脉,围岩孔洞中可见 5 mm 大小的石英晶体。捡块样分析结果 Cu 含量最高为 15.42%,Au 品位最高 3.12 g/t。

四社铜金矿点位于工力空铜金矿点南约 800 m 处,赋矿围岩为细碎屑岩,矿(化)体产于破碎带中,破碎带宽约 21.0 m。铜矿(化)体宽约 5.0 m,厚度变化小,控制矿(化)体长约 70.0 m。剥土取样分析结果显示 Cu 品位最高达 20.27%,Au 品位最高 2.98 g/t。

6 找矿远景分析

在对马思罗金矿区物化探异常特征及外围矿点综合分析研究的基础之上,对马思罗金矿区及外围找矿远景初步形成以下几点认识:

1) 激电中梯剖面异常结果显示马思罗金矿区空心林—马印蹄子一带深部存在可能存在隐伏含金硫化物矿体。1:5 万水系沉积物测量结果显示,Au 异常规模大、元素组合密切、浓集中心和浓度分带明显。经检查评价异常重现性好,异常分布多与铁白云化大理岩出露有关,并受断裂控制,经 R 型聚类分析,Au 等成矿元素与中低温热液有关。因此,认为马思罗金矿区具有寻找大型金矿床的潜力。

2) 马思罗金矿区北东部的羊窝子金矿点,初步查明其成因与马思罗金矿床成因类似,具有明显的两期成矿特征:早期的碳酸岩岩浆活动使盐塘组砂岩大面积发生了铁白云石化、少量黄铁矿化、绢云绿泥石

化,经取样分析,这些蚀变岩普遍含金 $0.01 \times 10^{-6} \sim 0.03 \times 10^{-6}$,为马思罗地区提供了较高的含金背景;后期热液石英脉的多期次活动,活化了地层中的金元素,贯入并充填于节理裂隙中,使金再次富集最终形成矿体。由上所述,马思罗金矿区可圈出马思罗—羊窝子金找矿远景区,该远景区北起大坪子,向西南延至羊房子—海子一带,西以马思罗沟为界,东以元宝山—丙地红—偏岩房为界。出露地层主要为盐塘组第二段、第三段和中窝组上段,地层岩石因受碳酸岩岩浆侵入作用,铁白云石化和黄铁绢英岩化强烈,蚀变带内多出现大量浸染状黄铁矿。1:5 万水系沉积物测量显示该远景区存在北东向的 Au、Ag、As 及 Pb 异常,且异常晕在东部和南部未圈闭。综上所述,初步认为该远景区东部 F₂ 断层两侧和西南部羊房子一带存在 Au 的富集区,具备良好的找 Au 远景。

3) 马思罗金矿区东部由北往南依次分布有工力空铜金矿点、四社铜金矿点、董家屋基镜铁矿点、巴折铁金铜多金属矿点,4 处矿点均产于近南北向的次级构造破碎带中,且成因均与热液贯入充填有关。综合该区地层、构造和岩浆岩特征,结合已有矿(化)点的地质特征和控矿条件,圈出大槽—巴折—偏岩房铁、铜、金找矿远景区。该远景区北起大槽,向南延至红岩子,西以元宝山—丙地红—偏岩房为界,东以巴折—董家屋基为界。出露地层主要为白山组、中窝组和松桂组碎屑岩与碳酸盐岩。该远景区位于盐源幅 1:20 万矿产图中巴折铜、金 I 级找矿远景区南段,且紧邻南北向金河—菁河深大断裂。综上所述,初步认为该远景区具有找寻与构造相关的热液蚀变、充填有关的铜金矿床,值得进一步工作。

[参考文献]

- [1] 钟康惠,刘肇昌,施央申,等.盐源—丽江构造带是新生代陆内造山带[J].地质学报,2004,78(1):37-43.
- [2] 刘肇昌,李凡友,钟康惠,等.扬子地台北缘构造演化与成矿[M].成都:电子科技大学出版社,1996.
- [3] 四川省地质矿产局.四川省区域地质志[M].北京:地质出版社,1991.

Characteristic of geophysical and geochemical anomaly and exploration prospect in Masiluo gold field, Yanyuan, Sichuan

Yang Zhongfang¹, Zhang Zhibin², Kang Yalong¹, Zhang Houliang¹, Chen Junyu³

(1. Sichuan Nuclear Industry Geology Institute; 2. No. 281 Team, Sichuan Geologic Bureau of Nuclear Industry; 3. College of Earth Sciences, ChengDu University of Technology)

Abstract: Masiluo gold field locates in the middle of the Yanyuan-Lijiang tectonic zone of the western margin of the Yangtze block in Sichuan province, where the metallogenic conditions of Au, Cu, Pb and Zn are excellent. This paper mainly elaborates the characteristics of geophysical and geochemical anomalies of Masiluo gold field. IP survey shows low-resistance and high-excitation anomaly exists in the deep part of surface ore body. Through 1:50 000 stream sediment survey, two parts of geochemical anomalies dominated by Au are delineated, which are big, clear zoned. The concentration center is obvious and the element assemblage instructs that the mineralization relates to medium-low-temperature hydrothermal. In addition, we find one point of Au ore occurrence and two points of Cu-Au ore occurrences on the peripheral area of Masiluo gold deposit. Combined with the research on the geophysical and geochemical anomalies in the mine and the periphery, ore-controlling factors and mineralization conditions, we find two prospective areas of medium-large copper-gold deposits, which relate to medium-low-temperature hydrothermal.

Keywords: characteristic of geophysical and geochemical anomaly; Masiluo gold field; copper and gold deposit; exploration prospect; Yanyuan Sichuan

(编辑:宿晓静)