

四川甘孜—理塘断裂带中段阿加隆洼 金矿床地球化学找矿模式

杨伟寿 胡正文 何德润

(四川省冶金地质勘查局六〇五大队, 四川 彭山县 620860)

提要:四川甘孜—理塘断裂带是川西高原重要成矿区(带)之一。区域水系沉积物测量和早期异常查证结果,在阿加隆洼、雄龙西、马拢等 3 处高浓度金异常部位发现了有较大找矿前景的岩金矿产地。为进一步挖掘区域化探资料所蕴含的找矿信息,后期研究工作以水系沉积物金异常为单元,结合区域找矿新进展和新认识,对异常进行了再评价;以采样方格为单元,进行了地球化学统计成矿信息预测和靶区筛选;以阿加隆洼金矿床(含外围)为重点研究对象,初步建立了水系沉积物—土壤—岩石地球化学找矿模式,进行了找矿预测。经对矿区进行少量钻探工程验证后,获得了明显的找矿效果,对外围部分靶区查证后,在原有分散流弱异常地段,也相继发现了宰乌隆洼、阿达隆 2 处有较大找矿前景的岩金矿产地,拓展了找矿空间。

关键词:甘孜—理塘断裂带;蛇绿混杂岩;微细粒浸染型金矿;水系沉积物异常;土壤吸附汞异常;指示元素分带序列;地球化学找矿模式;四川

中图分类号:P618;P595

文献标志码:A

文章编号:1000—3657(2007)01—0123—09

四川冶金地勘局六〇五大队于 1989—1990 年间,在甘孜—理塘断裂带完成 1:20 万水系沉积物测量 8 580 km²,早期异常查证,在北段(甘孜以北)发现了马拢金矿床,在中段(甘孜至理塘一带)发现了阿加隆洼金矿床和雄龙西金矿床。后期(2003—2004)开展了区域化探金异常综合研究、地球化学统计成矿信息预测和找矿靶区筛选,进而以阿加隆洼金矿床为重点,建立了地球化学找矿模式,进行了深部找矿预测。部分找矿靶区经初步查证,又新发现几处有较好找矿远景的矿产地,深部找矿预测经少量钻探工程验证,扩大了矿区找矿前景。所取得的找矿新进展是地质普查与化探工作紧密结合的成功案例。

1 地质背景

研究区地处西南“三江”北段之义敦火山岛弧东侧^[1,2],即巴颜喀拉弧后盆地西侧近南北向延伸的次生扩张带中段(图 1 中角图),东缘和西缘都以区域性大断裂为界,由于板块活动的多期性导致断裂复活、叠加改造,从而形成复杂的甘孜—理塘断裂带,主干断裂切割深度达岩石圈^[3]。理塘蛇绿岩群(PTL)^[4]广泛分布于次生扩张带,呈略向东突出的弧形带状分布(区域

上长达 1 000 m 以上)。在东、西两侧边缘,局部有上三叠统曲嘎寺组地层出露,还有古近纪红色磨拉石建造和新近纪含煤建造发育于山间断陷盆地。该带迄今所发现的金矿产地都分布于理塘蛇绿岩群出露区,主要受断裂构造控制。

2 矿区地质和地球化学特征及矿床成因讨论

阿加隆洼金矿区及外围广泛出露理塘蛇绿岩群地层,岩性为蚀变基性火山岩、变砂岩、板岩、千枚岩(常含有炭质)夹硅质岩(区域上为放射虫硅质岩)^[1,4],有大量古生代碳酸盐岩外来块体产于其中。这套岩石建造总体地球化学特征是 Au、As、Sb、Pb、B、Sn、Bi 的浓度克拉克值(K_K)明显偏高,而 Cr、Ni、V、Ti 则明显偏低(表 1)。岩浆岩除玄武岩外,还有辉绿岩脉产于蛇绿混杂岩中。

金厂沟复向斜和略西沟复背斜呈南北向展布于两条区域性大断裂之间,褶曲轴向与断裂带延伸方向一致。矿区位于复向斜西翼,次级断裂构造主要有北东向和北东东向两组,前者控制金矿体的产出,后者为成矿后构造,对矿体有破坏作用(图 1)。

断裂构造地球化学特征表现为南北向主干断裂带上

收稿日期:2006-07-14;改回日期:2006-10-28

作者简介:杨伟寿,男,1961 年生,高级工程师,在职研究生,主要从事物化探方法技术研究、经济技术管理和发展战略研究等方面的工作;

E-mail:dgphmts@126.com。

表 1 理塘蛇绿岩群某些微量元素浓度克拉克值(K_K)

Table 1 Clarke values (K_K) of some trace elements in the Litang ophiolite swarm

K _K 值区间	≥10	10~2						2~0.5						0.5~0.2			
元素	Bi	Au	As	Sb	Pb	B	Sn	Cu	Zn	Mo	Co	Mn	Hg	Cr	Ni	V	Ti
K _K 值	70	2.8	4.8	3.3	2.2	4.2	2.0	1.0	1.3	1.2	0.52	0.55	0.8	0.43	0.49	0.31	0.29

注:样品数 497 件;Bi 可能有系统偏高。

表 2 断裂构造地球化学特征

Table 2 Geochemical characteristics of faults

断裂构造分组	样品(件)	Au/10 ⁻⁹	Hg/10 ⁻⁹	As/10 ⁻⁶	Sb/10 ⁻⁶
SN 向主干断裂	214	30.0	74	34.3	3.23
NE 向次级断裂	59	324.6	352	78.4	12.68
地层	650	2.8	64	13.1	1.88

Au、As、Sb 质量分数明显高于地层,北东向次级断裂带上 Au、Hg、As、Sb 质量分数既明显高于地层,也明显高于南北向主干断裂,Hg 可以更明显地反映控矿断裂构造(表 2)。

目前矿区发现的主矿带(I 矿带)受北东向断层破碎带控制,长约 850 m,以 28 号勘查线为界,北段长 540 m,宽 3~11 m;南段长 310 m,宽 60~110 m。容矿岩石以破碎程度不等的变砂岩、板岩、千枚岩、蚀变玄武岩为主,局部地段的辉绿岩也含矿。凡破碎程度较高者(尤其是构造角砾),含矿性亦较好。

矿体产于断层上盘构造角砾岩中,无自然边界,全凭化验数据圈定。北段经槽探工程控制,圈定出膨大收缩,尖灭再现的 3 个串珠状矿体,统称 I-1 号矿(化)体。南段 I-2 号、I-3 号矿体是由槽探和稀疏钻探工程控制的两个主矿体,分别为长 250 m 和 230 m,厚 24.14 m 和 22.20 m,倾斜延伸至 100 多米都明显变薄,平均品位 Au 分别为 3.40 g/t 和 4.06 g/t。矿体形态均为厚大的透镜状,产状为走向 NE,倾向 SE,倾向 45°~65°,矿体在走向和倾向上的尖灭部位常见分枝现象。矿体顶部数十厘米厚的地表疏松覆盖层无表生富集现象,其下数米深度范围内的氧化矿有次生富集带显示,再往下为氧化-半氧化矿和原生矿。

矿石矿物成分:硫化矿物主要是黄铁矿和毒砂,分别为 1.07%和 1.74%,二者与金的关系密切,其次有少量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿。氧化矿物主要是褐铁矿、赤铁矿、臭葱石等。非金属矿物以石英为主,其次是白云石、方解石、长石,有少量的绢云母和其他矿物。

金矿物以银金矿为主,含量 70%,次为自然金,含量 30%。金的赋存形式以包裹金为主,占 90.5%(黄铁矿中占 68.0%,毒砂中占 13.2%,脉石中占 9.3%),粒间金仅占 9.5%。金的粒级以显微金和次显微金为主,<0.005 mm 者占 84.1%。矿石类型为贫硫化物微细粒浸染型金矿石。

矿石结构常见自形、半自形、他形、镶嵌和包含结构等。矿石构造以浸染状、条带状、团块状、角砾状构造为主。

围岩蚀变以硅化、黄铁矿化、毒砂化、碳酸盐化、碳化为主。硅化分布于各种围岩和容矿岩石中,早期以渗透交代为主,中、晚期以充填交代为主,产出形式有两种,一是以构造角砾岩的胶结物产出,二是以脉状、细脉—网脉状沿裂隙产出。黄铁矿化主要发育于炭质千枚岩和碳酸盐岩外来块体中,早期以稀疏浸染状为主,中、晚期以稠密浸染状和细脉—

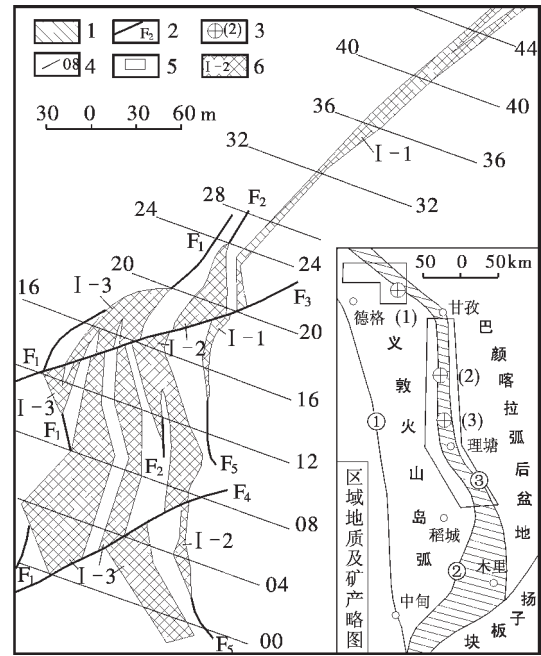


图 1 阿加隆洼金矿床 I 矿带平面图

区域断裂编号及名称:①—金沙江断裂;②—亚火—卓西断裂;
③—甘孜—理塘断裂;金矿床编号及名称:(1)—马珑金矿床;
(2)—雄龙西金矿床;(3)—阿加隆洼金矿床;1—次生扩大带;
2—断层及编号;3—金矿床及编号;4—勘查线及编号;
5—分散流测区范围;6—金矿体及编号

Fig.1 Plan map of ore belt I in the Ajialongwa gold deposit
Regional fault numbers of and their names:①—Jinshajiang fault;
②—Yahuo—Zhuoxi fault;③—Garzê—Litang fault; gold deposit numbers and names:(1)—Malong gold deposit;(2)—Xionglongxi gold deposit;
(3)—Ajialongwa gold deposit;1—Secondary extension zone;
2—Fault and its number;3—Gold deposit and its number;
4—Exploratory profile and its number;5—Dispersion flow survey scope;
6—Gold orebody and its number

表 3 不同采样介质异常分级值

Table 3 Grading of anomalies of different sampling media

介质	水 系 沉 积 物				土 壤				
元素	Au/10 ⁻⁹	As/10 ⁻⁶	Sb/10 ⁻⁶	Hg/10 ⁻⁹	Au/10 ⁻⁹	As/10 ⁻⁶	Sb/10 ⁻⁶	Hg/10 ⁻⁹	Hg _总 /10 ⁻⁹
I 级	5~<10	25~<50	1.5~<3	100~<200	5~<10	30~<60	4~<8	70~<150	60~<120
II 级	10~<40	50~<200	3~<12	200~<800	10~<50	60~<250	8~<30	150~<600	120~<250
III 级	≥40	≥200	≥12	≥800	≥50	≥250	≥30	≥600	
介质	岩 石								
元素	Au/10 ⁻⁶	As/10 ⁻⁶	Sb/10 ⁻⁶	Hg/10 ⁻⁶	Ag/10 ⁻⁶	Cu/10 ⁻⁶	Ba/10 ⁻⁶		
I 级	0.3~<0.7	150~<500	5~<10	300~<600	0.25~<0.5	100~<200	700~<1500		
II 级	0.7~<3	500~<2000	10~<50	600~<2500	0.5~<2	200~<500			
III 级	≥3	≥2000	≥50	≥2500	≥2				

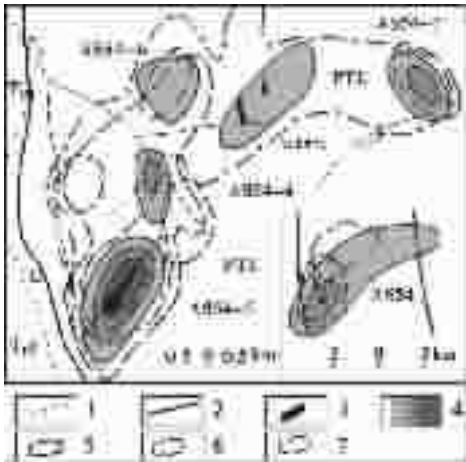


图 2 阿加隆洼地区水系沉积物异常综合图

E—古近系;T₃q—三叠系上统曲嘎寺组;PTL—理塘蛇绿岩群;
1—地质界线;2—断层;3—金矿床;4—Au 异常等值线;
5—As I 级异常等值线;6—Sb I 级异常等值线;
7—Hg I 级异常等值线

Fig.2 Composite stream sediment anomaly map of the Ajjialongwa area

E—Paleogene;T₃q—Upper Triassic Qugasi Formation;PTL—Litang ophiolite swarm;1—Geological boundary;2—Fault;3—Gold deposit;
4—Au anomaly contour;5—As I-grade anomaly contour;
6—Sb I-grade anomaly contour;7—Hg I-grade anomaly contour

网脉状为主。毒砂化发育于下盘炭质千枚岩和碳酸盐岩外来块体中。碳酸盐化以白云石化为主,次为方解石化。碳化主要产于炭质千枚岩和构造角砾岩中。

阿加隆洼金矿床成因类型属于浅成中—低温热液型金矿,其成矿模式简要概括为以下 4 个形成阶段:

(1)矿源层(岩)形成阶段

晚三叠世是理塘蛇绿岩群发育的鼎盛时期^[4],由于周期性的海底火山活动剧烈而频繁,接受了富含火山喷气、喷液和放射虫硅质岩的远洋深海沉积。随着洋壳板块的俯冲、传

送,在甘孜—理塘缝合带形成一套由深海沉积、洋壳残块(残片)和仰冲板块一侧的滑塌堆积组成的蛇绿混杂岩。这套特殊岩石建造以 Au、As、Sb、Pb、B、Sn、Bi 具有明显的高丰度特征而成为区内最重要的矿源层(岩)。

(2)动力变质热液改造阶段

晚三叠世末至侏罗纪、白垩纪,相继发生强烈的碰撞造山运动和后造山伸展作用,全区褶皱隆起并形成断裂构造的基本格局。在此过程中,普遍发生区域动力变质作用,伴随有岩浆侵入活动,导致矿源活化、迁移,早期矿(化)体得以改造、富集。

(3)矿床定位阶段

古近纪是陆内汇聚、全面造山的新时期,全区急速抬升。此前的亚火—卓西断裂、擦岗隆洼—古鲁断裂、坐景寺—昂给断裂再次复活,发生大规模逆冲和平移走滑活动,矿源再次活化,构造热液萃取、携带成矿物质沿次级构造发生充填、交代作用,叠加、改造先期已形成的矿(化)体,最终导致阿加隆洼金矿床定位于 NE 向断层破碎带。

(4)矿床氧化带和次生富集带形成阶段

更新世以来,随着区域地壳整体抬升,最终在本区形成丘状高原地貌和树枝状水网结构。与此同时,矿床被剥蚀出露于地表,形成矿床氧化带,在地表以下数米深度范围内的氧化矿中,有次生富集带形成。

3 地球化学异常特征

3.1 矿区及外围水系沉积物地球化学异常

1:20 万水系沉积物测量以 4×10⁻⁹ 等值线圈出的亚火—阿加隆洼金高背景区面积>370 km²(未封闭),以 5×10⁻⁹ 作为异常下限圈出的阿加隆洼金异常(AS54 号)即位于其中,异常面积为 28 km²,元素组合及异常级别为 Au、As、Sb 达 II 级, Hg 为 I 级(表 3),早期异常查证发现的阿加隆洼金矿床位于该异常中心部位(图 2 中角图)。

后期综合研究地球化学统计成矿信息预测结果,推断该

异常有进一步找矿前景。1:2.5 万水系加密采样后,分解成范围更小、成矿信息更丰富、异常源体赋存部位亦更明显的 5 个金异常(编号为 AS54-1~AS54-5),面积为 0.5~1.5 km²,金异常衬度为 1.09~25.2。异常元素为 Au、As、Sb、Hg 或 Au、As、Sb 组合,Au×As(衬度积)为 0.76~289,Au×As×Sb(衬度积)为 2.21~762。以两个典型异常为例(图 2):

(1)AS54-5:与原有 AS54 号异常中心吻合,但加密采样获得的 Au、As、Sb 异常强度均升为Ⅲ级,Hg 亦升为Ⅱ级,Au 异常面积、Au 异常衬度、Au×As、Au×As×Sb 都为 5 个异常中的最大值,系 I 矿带所引起。统计成矿信息预测结果,异常所在的统计单元面积为 4 km²,是找矿信息最突出的已知矿控制单元(可能地表槽探工程有一定的影响)

(2) AS54-2:位于矿区外围的宰乌隆洼地区,为原有 54 号金异常边部弱异常地段,加密采样后,Au 异常面积为 1.3 km²,元素组合及异常级别为 Sb 达Ⅲ级,Au、As 为Ⅰ级(Hg 无异常显示),Au 异常衬度、Au×As、Au×As×Sb 均为 5 个异常中的最小值,但统计成矿信息预测结果,该异常所在的统计单元为成矿信息最突出的甲类预测单元。经查证后,

发现平均厚度为 18.5 m,平均品位 Au 5.36 g/t 的 Au 矿体,有较大的找矿前景。

3.2 矿区 I 矿带土壤地球化学异常

经 1:2.5 万土壤测量,在 I 矿带展布地段获得的金异常长度大于 1 500 m(未封闭),宽 200~400 m,Au 异常面积为 0.4 km²,元素异常组合为 Au、As、Sb、Hg。套合于矿带上的 Sb 异常与金Ⅲ级异常中心基本一致(图 3),长约 1 000 m,宽 50~150 m。各元素异常套合较好,异常面积相对大小为 As>Hg>Au>Sb,异常峰值为 Au 926×10⁻⁹、As 4835×10⁻⁶、Sb 58.25×10⁻⁶、Hg 2895×10⁻⁹,平均值为 Au 145.6×10⁻⁹、As 207×10⁻⁶、Sb 21.06×10⁻⁶、Hg 273×10⁻⁹。

土壤吸附汞(Hg_吸)分析结果,对应于 I 矿带的 Hg_吸异常强度达Ⅱ级,宽度大致为土壤全汞(Hg)异常的 1/3~1/5,为金异常的 1/2~1/4(表 4),更能反映受构造破碎带控制的矿带、矿(化)体的赋存部位,有利于布置验证工程。

3.3 I 矿带岩石地球化学异常

(1)矿体异常及元素分带序列

对阿加隆洼金矿区的探槽(TC)、采坑(CK)、钻孔(ZK)化探样品分析了 Au、As、Sb、Hg、Cu、Pb、Zn、Ag、Bi、Co、Mo、Ba 等 12 种元素,以 Au、As、Sb、Hg 异常最明显,Ag 异常次之,Cu、Ba 异常相对较弱,其余元素无明显异常显示。

在 I 矿带南段、I-2 号矿体金异常线金属量垂直纵投影图中(图 4),金异常线金属量最大值分布方向(即原生晕的轴向)为近南北向,向南倾伏,倾伏角 30°左右,表明矿体随同原生晕一起向南侧伏。换言之,矿液运移及成矿物质沉淀的方向是由南往北,由下而上,与矿体倾向不一致。

指示元素分带序列以轴向上具有不同切面水平的 TC1201、CK0802、CK0402 所控制的 I 矿带、I-2 号矿体各工程原生晕段作为主要研究对象,进行分带序列计算结果,各元素在轴向上的位置是 Au、As(或 As、Au)主要占据中部两个相邻的位置,Hg 居于轴向上方最前一位,Cu 居于轴下方最后一位,Sb、Ba(或 Ba、Sb)位于 Cu 前面一、二位,Ag 位于 Hg 后面一位。综合确定指示元素的轴向分带序列为(从上到下):Hg→Ag→As→Au→Sb→Ba→Cu。金矿体异常主要有以下 3 处:

① AR1 号异常:主要分布于 I 矿带北段,长 750 m,宽 10~30 m,面积 0.133 km²。主要元素组合及平均浓度为 Au 3181×10⁻⁹、As 2960×10⁻⁶、Sb 22.2×10⁻⁶、Hg 797×10⁻⁹,其次是 Ag 0.28×10⁻⁶、Cu 76×10⁻⁶、Ba 535×10⁻⁶。AuⅡ级等浓度线(700×10⁻⁹)所圈定的范围呈窄带状展布于 I-1 号矿体出露地段(图 5)。

② AR2 号异常:分布于 I 矿带南段,长 270 m,宽 20~50 m,面积 0.009 km²。主要元素及异常平均浓度为 Au 2968×10⁻⁹、As 3750×10⁻⁶、Sb 26.2×10⁻⁶、Hg 2722×10⁻⁹、Ag 0.54×10⁻⁶,其次是 Cu 74×10⁻⁶、Ba 437×10⁻⁶。AuⅡ级等浓度线所圈定的范围基本上与厚大透镜状的 I-2 号金矿体一致。

③ AR3 号异常:分布于 I 矿带南段,与 AR2 号异常平

表 4 Hg、Hg_吸、Au 异常对比

Table 4 Contrast of Hg and Au anomalies

对比项	形态	宽度/m	平均值/10 ⁻⁹	峰值/10 ⁻⁹
Hg _吸 异常	狭长带状	50~170	92	137
Hg 异常	宽带状分枝	250~500	273	2895
Au 异常	宽带状分枝	200~400	145.6	926
I 矿带	带状	n~110		

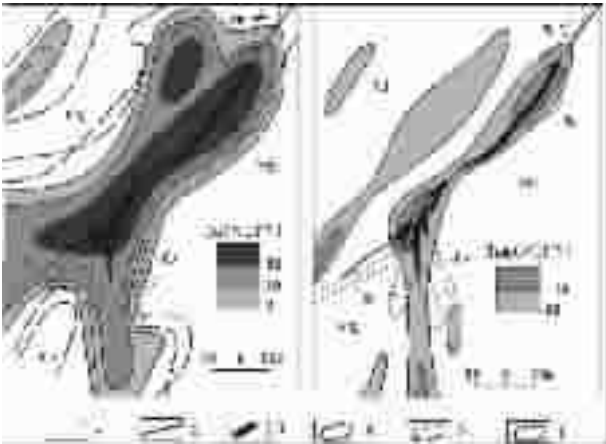


图 3 阿加隆洼土壤地球化学异常综合图
βμ—辉绿岩;PTL—理塘蛇绿岩群;1—地质界线;
2—断层;3—金矿体;4—AsⅠ级异常等值线;
5—HgⅠ级异常等值线;6—SbⅠ级异常等值线

Fig.3 Composite soil geochemical anomaly map of the Ajialongwa area

βμ—diabase;PTL—Litang ophiolite swarm;1—Geological boundary;
2—Fault;3—Gold orebody;4—AsⅠ-order anomaly contour;
5—HgⅠ-order anomaly contour;6—SbⅠ-order anomaly contour

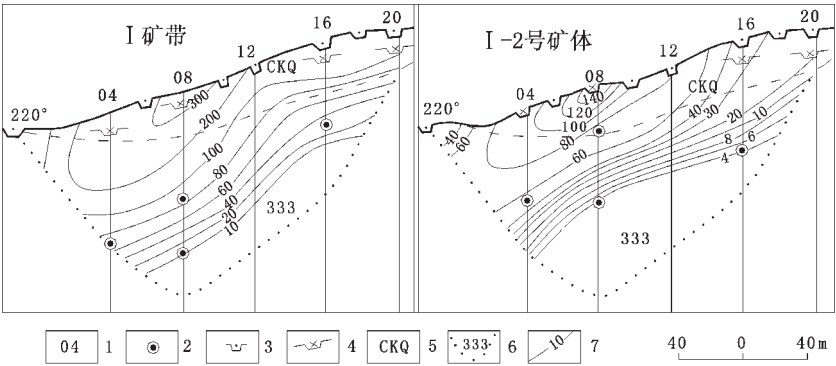


图 4 I 矿带南段金元素金属量垂直纵投影图
1—勘查线编号;2—见矿钻孔;3—探槽;4—采坑;5—采空区;6—资源类别及其界线;7—线金属量等值线
Fig.4 Vertical longitudinal projection of the gold metal content in the southern section of ore belt I
1—Exploratory profile No.;2—Ore-encountering borehole;3—Trench;4—Pit;5—Worked-out area;
6—Resource category and boundary;7—Linear metal productivity

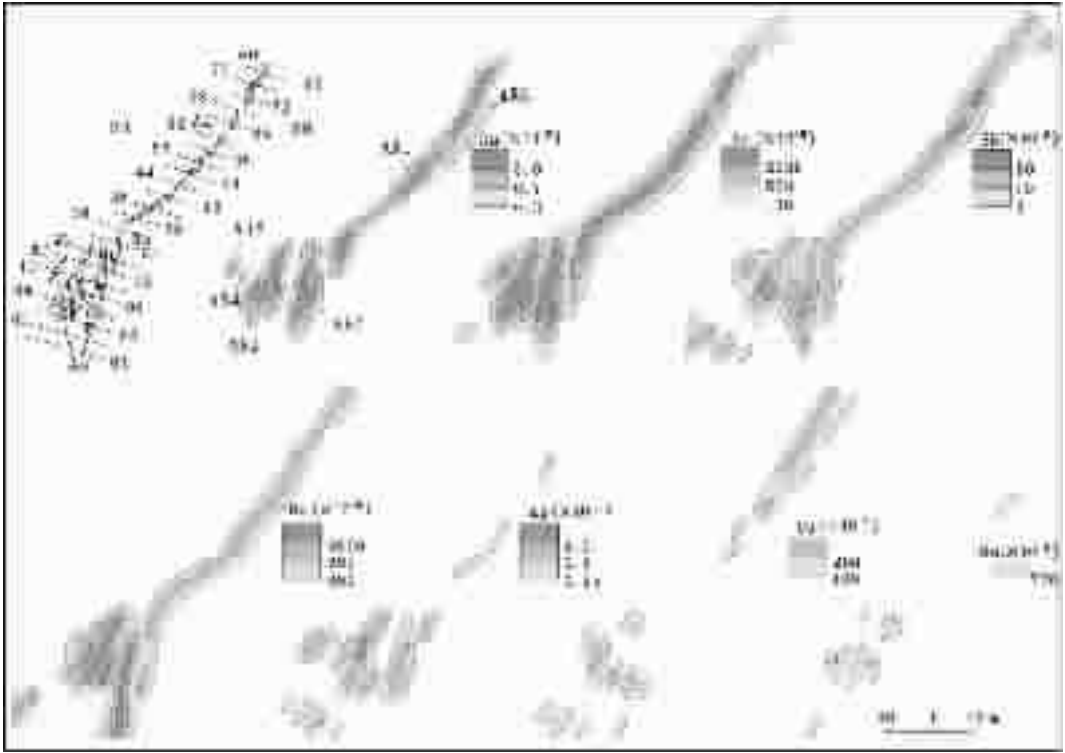


图 5 阿加隆洼金矿床原生地球化学异常平面图
SH—蛇绿混杂岩;04—勘查线编号;Au—金矿体;AR1—金异常编号
Fig.5 Primary geochemical anomaly plan map of the Ajialongwa gold deposit
SH—Ophiolitic mélange;04—Exploratory profile No.;Au—Gold orebody;AR1—Gold anomaly No

行产出,长 240 m,宽 20~70 m,面积 0.0093 km²。主要元素异常平均浓度为 Au 3068×10⁻⁹、As 3986×10⁻⁶、Sb 27.1×10⁻⁶、Hg 2152×10⁻⁹、Ag 0.51×10⁻⁶,次为 Cu 93×10⁻⁶、Ba 583×10⁻⁶。Au II 级等浓度线所圈定的范围基本上反映了不规则厚大透镜状的 I-3 号金矿体(图 5~6)。

(2)岩石地球化学异常深部找矿标志

为总结深部找矿预测标志,对 I 矿带 71 个工程原生晕段作为统计样本进行因子分析和解释推断结果,在累计方差贡献为 81.9%的条件下,获得了 3 个公因子,即构造热液活动因子(f_1)、原生晕轴向部位因子(f_2)和金矿化因子(f_3),对于深部找矿预测来说,原生晕所处的轴向部位无疑是最重要的标志。根据已知矿各工程原生晕段获得的轴向部位因子计量值

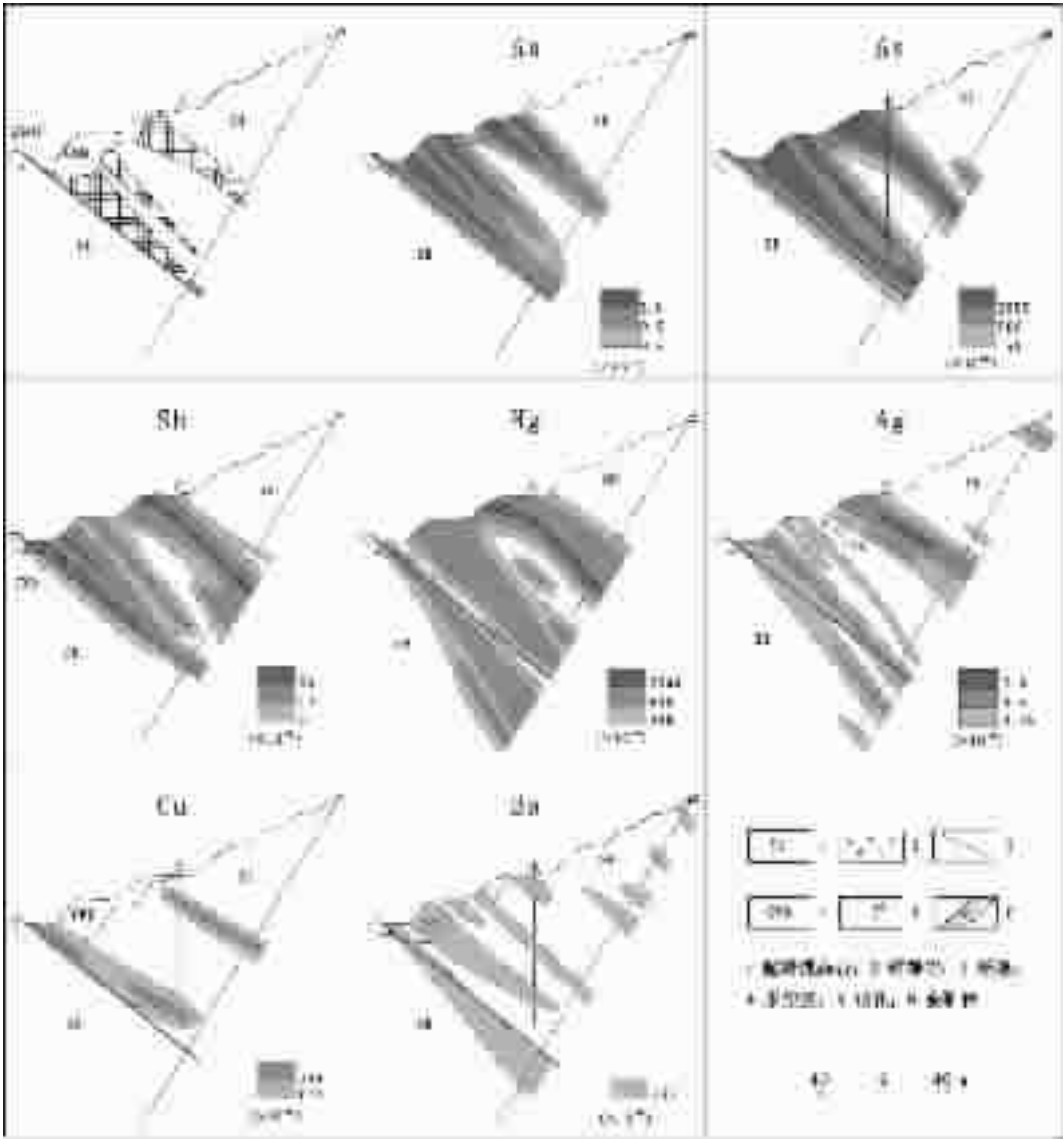


图 6 08 勘查线原生地球化学异常剖面图

Fig.6 Primary geochemical anomaly sections along profile No. 08

(简称 f_2)、Hg 的衬度与 $Au \times As \times Sb$ (衬度积) 的比值、 $Hg \times Ag$ (衬度积) 与 $Au \times As$ (衬度积) 的比值等 3 个参数, 总结出可进行深部找矿预测的地球化学标志为:

- ① 当 $f_2 \geq -0.15$, $Hg/(Au \times As \times Sb) \leq 0.4$, $(Hg \times Ag)/(Au \times As) \leq 15$ 时, 是判断晕段为矿体轴向中上部, 深部有较大找矿前景的重要标志;
- ② 当 $f_2 < -0.15 \sim -0.25$, $Hg/(Au \times As \times Sb) > 0.4 \sim 2.5$, $(Hg \times Ag)/(Au \times As) > 15 \sim 40$ 时, 是判断该晕段处于矿体轴向中部, 深部仍有一定找矿前景的重要标志;
- ③ 当 $f_2 < -0.25$, $Hg/(Au \times As \times Sb) > 2.5$, $(Hg \times Ag)/(Au \times As) > 40$ 时, 是判断晕段为矿体轴向下(边)部, 深部找矿前景不好的重要标志。

4 地球化学找矿模式

关于地球化学异常评价, 前人已作过较多研究^[5-12]。以不同采样介质金异常特征和三维图示为基本要素, 以阿加隆洼微细浸染型金矿床为代表 (含矿区外围), 建立了水系沉积物—土壤—岩石地球化学找矿模式 (图 7)。该模式所表达的不同采样介质金异常找矿评价标志可以概括为:

(1) 水系沉积物金异常找矿评价标志

- ① 水系沉积物金元素高背景区面积比较大 (往往上百平方千米), 且有高值区 (金异常) 分布于其中者, 预示该汇水域金源比较丰富, 可能存在金高丰度岩石或容矿岩石。
- ② Au 、 As 、 Sb 组合异常是有利于找矿的重要地球化学标

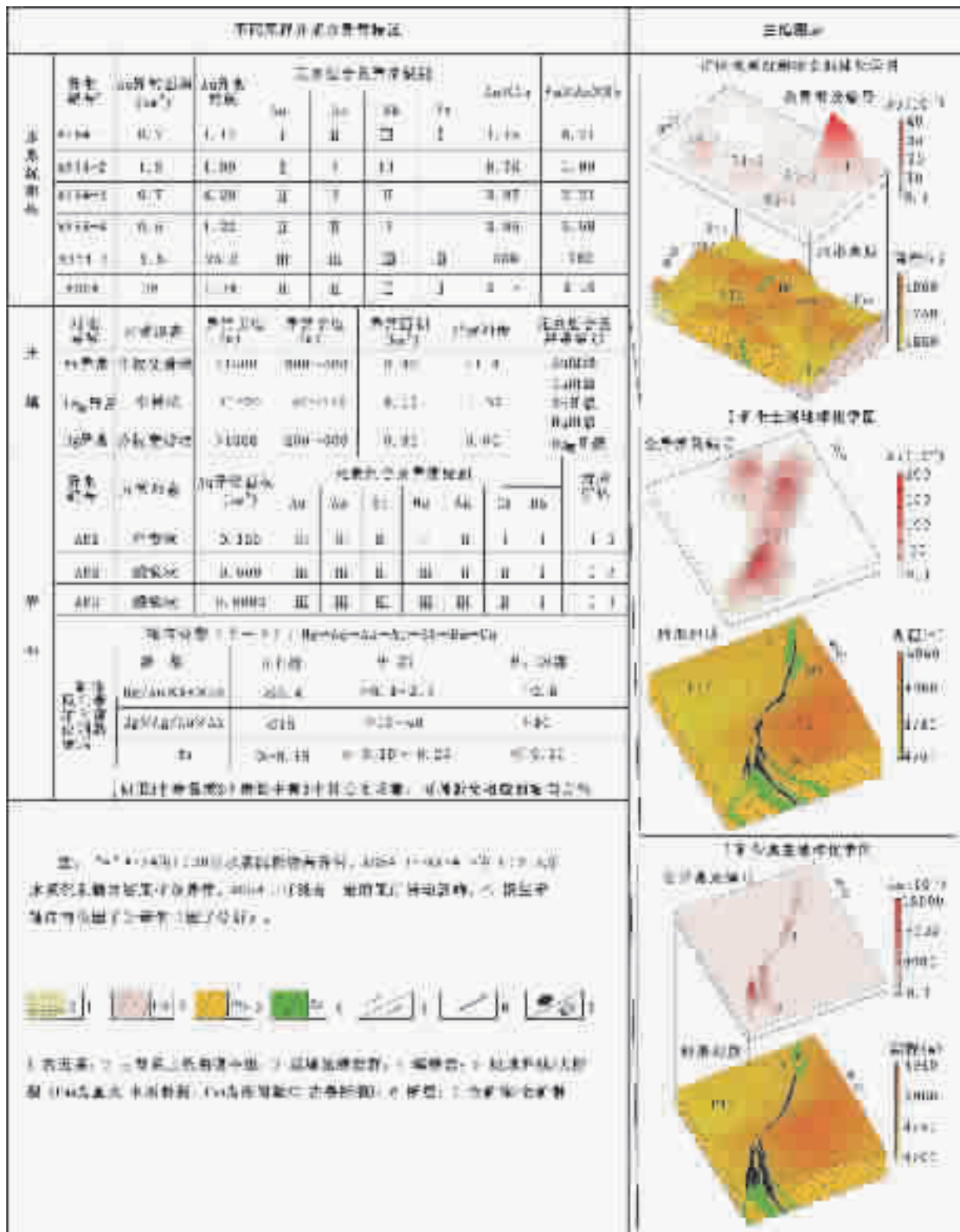


图 7 阿加隆洼金矿床水系沉积物—土壤—岩石地球化学找矿模式

Fig.7 Stream sediment-soil-rock geochemical models for mineral prospecting of the Aijialongwa gold deposit

志,Hg 异常可以作为反映构造热液活动的地球化学标志之一。Au 异常衬值,Au、As 衬度积,Au、As、Sb 衬度积,水系沉积物异常因子分析解释推断的金矿化因子计量值和构造热液活动因子计量值等,可作为异常找矿评价、统计成矿信息预测、靶区筛选的量化标志。

③理塘蛇绿岩群、基性岩脉、区域性的断裂构造是水系沉积物金异常找矿评价的重要地质标志。

(2)土壤金异常找矿评价标志

①Au、As、Sb、Hg 组合异常是有利于找矿的地球化学标志,Au、As 或 Au、Sb 异常中心重叠部位可作为首选异常查证地段。吸附汞异常可作为布置山地工程的重要依据之一。

②杂色铁帽、次生富集带、断层破碎带是土壤金异常找矿评价的重要地质标志。

(3)原生金异常找矿评价标志

①有效指示元素以 Au、As、Sb、Hg 为主,其次是 Ag、Cu、Ba。各元素异常中心所反映的原生晕轴向部位大致是 Au、As 在中部,Hg、Ag 在中上部(Hg 可能直达前缘晕),Sb、Ba 在中下部,Cu 在下(边)部。

②Hg 异常衬度与 Au、As、Sb 异常衬度积的比值,Hg、Ag 异常衬度积与 Au、As 异常衬度积的比值,原生晕段因子分析所解释推断的轴向部位因子计量值等 3 个参数,可作为判断矿体轴向切面水平和深部找矿预测的量化依据。

③蚀变玄武岩、变砂岩、板岩、千枚岩、碳酸盐岩外来块体、辉绿岩脉等,是重要岩性标志。低序次、低级别断裂构造是重要控矿构造,破碎程度较高的构造角砾岩是重要容矿岩石。毒砂、黄铁矿是重要的矿石矿物组合。

上述原生金异常找矿评价标志亦适用于深部工程所获得的尖灭再现和尖灭侧现金异常的找矿评价。

5 找矿预测及验证效果

(1)该模式推断阿加隆洼金矿区Ⅰ矿带 72 线到 28 线间所获得的 5 个探槽原生晕段和 04 线 2[#]孔中所获得的一个原生晕段都属于轴向中上部或中部,预测深部有进一步找矿前景。还指出Ⅰ矿带南段 07 线探槽、16 线 1[#]孔、08 线 2[#]孔中有尖灭再现(或尖灭侧现)的Ⅱ、Ⅲ级 Hg 异常,可能为前缘晕,属于更深层次的找矿信息。

经 2005 年实施 6 个浅孔进行初步验证结果,除 07 线施工的一个孔可能因孔深太浅而未见矿之外,位于 24 线至 72 线间Ⅰ—1 号矿(化)体的 5 个钻孔见矿厚度为 7.76~13.13 m。值得指出的是,被判断为轴向中上部的 48 线和 72 线探槽原生晕段验证孔见矿厚度分别为 13.12 m 和 7.76 m,与地表矿体厚度比较接近,其他预测地段也值得继续验证。

(2)略西沟复背斜南端偏东翼的阿达隆金矿位于阿加隆洼金矿区以北约 10 km,是矿区外围异常查证所发现的几处金矿产地之一。该处水系沉积物金异常在早期异常分类评价中,因其为一个孤点异常,被判为无找矿意义的丁类异常(原编号为 AS61)。经后期综合研究,推断为有找矿意义的乙 2 亚类异常(新编号 AS45),又以采样方格为统计单元进行统

计成矿信息预测结果,在该异常地段获得成矿信息突出的甲类预测单元 1 个,成矿信息明显的乙类预测单元 12 个,确定其值得查证。

该矿区经水系沉积物加密采样和土壤测量后,于 2005 年实施槽探工程揭露,发现了平均厚度为 14.83 m、平均金品位为 5.28 g/t 的工业矿体和长达 2 km 的矿化蚀变带,具有较大的找矿前景。

6 结 语

虽然阿加隆洼矿区及外围总体仅达普查,只有Ⅰ矿带南段可属详查阶段,受地质工作程度的制约,所建立的找矿模式还是初步的,但其应用效果比较理想。更重要的是,不但矿区本部及宰乌隆洼、阿达隆等金矿区尚有较大的找矿前景,而且所处的甘孜—理塘断裂带中段还有近 20 处有找矿潜力的异常值得查证,有很大的找矿空间。由此可见,如果继续以模式找矿思路对有找矿潜力的异常实施查证,对深部找矿预测地段继续实施工程验证,相信还会有新的发现;若再开展一些必要的物探工作和遥感信息解译工作,效果可能更理想。

致谢:四川冶金地质勘查局水文工程队、鑫顺矿业公司、四川冶金地质勘查院提供了有关矿床(点)和矿山的最新地质资料,一并致谢!

参考文献(References):

[1] 潘桂棠,徐强,侯增谦,等.西南“三江”多岛弧造山过程成矿系统与资源评价[M].北京:地质出版社,2003:20-129.
Pan Guitang, Xu Qiang, Hou Zengqian, et al. Sanjiang Archipelagoic Orogenic Process and Metallogenic System in Southwestern China and Resource Evaluation [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003:20-129(in Chinese).
[2] 陈慈德,薛迎喜,张生辉,等.西南“三江”北段矿产资源调查评价重点选区研究[R].北京:中国地质调查局,2003.
Chen Cide, Xue Yingxi, Zhang Shenghui, et al. Research on Key Target Areas for Mineral Resource Investigation and Evaluation in the Northern Segment of “Sanjiang”, Southwestern China [R]. Beijing:China Geological Survey, 2003(in Chinese).
[3] 陈炳蔚,王铠元,刘万熹,等.怒江—澜沧江—金沙江地区大地构造[M].北京:地质出版社,1987.
Chen Bingwei, Wang Kaiyuan, Liu Wanxi, et al. Tectonics in the Nujiang River-Lancang River-Jinsha River Region [M]. Beijing: Geological Publishing House,1987(in Chinese).
[4] 中国地质调查局.中华人民共和国 1:50 万数字地质图数据库[DB/CD].北京:中国地质调查局,2001.
China Geological Survey. 1 :500,000 Digital Geological Map Database of the People's Republic of China [DB/CD]. Beijing: China Geological Survey, 2001(in Chinese).
[5] 谢学锦,刘大文,向运川,等.地球化学块体—概念和方法学的发展[J].中国地质,2002,29(3):225-233.
Xie Xuejing, Liu Dawen, Xiang Yunchuan, et al. Geochemical blocks-Development of concept and methodology [J]. Geology in

- China,2002,29(3):225–233(in Chinese with English abstract).
- [6] 谢学锦. 全球地球化学填图[J].中国地质,2003,30(1):1–9.
Xie Xuejing. Global geochemical mapping [J]. Geology in China, 2003,30(1):1–9(in Chinese with English abstract).
- [7] 程志中, 谢学锦. 岩石中元素背景值变化对地球化学成矿预测的影响[J].中国地质,2006,33(2):411–417
Cheng Zhizhong, Xie Xuejing. Influence of variation in element background values in rocks on metallogenic prognosis in geochemical maps [J].Geology in China,2006,33 (2):411–417 (in Chinese with English abstract).
- [8] 刘大文, 谢学锦. 基于地球化学块体概念的中国锡资源潜力评价[J].中国地质,2005,32(1):25–32.
Liu Dawen, Xie Xuejing. Evaluation of China's tin resources potential based on the geochemical block concept [J]. Geology in China,2005,32(1):25–32(in Chinese with English abstract).
- [9] 王学求, 孙宏伟, 迟清华, 等. 地球化学异常再现性与可对比性[J]. 中国地质,2005,32(1):135–140.
Wang Xueqiu, Sun Hongwei, Chi Qinghua, et al. Reproducibility and comparison of geochemical anomalies [J].Geology in China, 2005,32(1):135–140(in Chinese with English abstract).
- [10] 王瑞廷, 毛景文, 任小华, 等. 区域地球化学异常评价的现状及其存在的问题[J].中国地质,2005,32(1):168–175.
Wang Ruiting, Mao Jingwen, Ren Xiaohua, et al. Facts and problems of the evaluation of regional geochemical anomalies [J]. Geology in China,2005,32 (1):168–175 (in Chinese with English abstract).
- [11] 张义, 聂凤军, 孙彬彬, 等. 内蒙古中东部浅覆盖区化探岩屑测量方法研究及靶区优选应用[J].中国地质,2005,32 (4):696–705.
Zhang Yi, Nie Fengjun, Sun Binbin, et al. Geochemical debris survey method in shallow-covered areas in east-central Inner Mongolia and its application in ore target screening [J]. Geology in China,2005,32(4):696–705(in Chinese with English abstract).
- [12] 付小方, 应汉龙. 甘孜—理塘断裂带北段新生代构造特征及金矿成矿作用[J]. 中国地质,2003,30(4):413–418.
Fu Xiaofang, Ying Hanlong. Cenozoic tectonic movement and its relationship with gold mineralization in the northern segment of the Garzê–Litang fault belt [J]. Geology in China, 2003, 30(4): 413–418(in Chinese with English abstract).

Geochemical model for mineral prospecting of the Ajialongwa gold deposit in the central segment of the Garzê–Litang fault zone in Sichuan

YANG Wei–shou, HU Zheng–wen, HE De–ren

(605 Party, Sichuan Bureau of Metallurgical Geology and Mineral Exploration, Pengshan County 620860, Sichuan, China)

Abstract: The Garzê–Litang fault zone in Sichuan is one of the important metallogenic regions (zones) on the western Sichuan Plateau. The regional stream sediment survey and early-stage checks of anomalies have revealed rock gold occurrences with larger ore prospects at three gold anomaly sites with high gold concentrations, namely, Ajialongwa, Xionglongxi and Malong. In order to further find out ore information contained in the regional geochemical data, gold anomalies in the stream sediments were taken as the unit in the research work at the late stage and reevaluated in combination of new progress and knowledge in regional mineral prospecting; geochemical statistics and mineralization information prediction were made and target areas were screened with sampling grids as the unit; and a stream–soil–rock geochemical model for mineral prospecting was preliminarily constructed with the Ajialongwa gold deposit (including its surroundings) as the key target of research and ore deposit prediction was conducted. Through checks of the ore district by small amount of drilling, significant mineral prospecting results were obtained. Then after checking part of target areas in the surrounding areas, the Zhaiwulongwa and Adalong rock gold occurrences with larger ore prospects were found at places with weak dispersion flow anomalies. Thus the mineral spaces have been expanded.

Key words: Garzê–Litang fault zone, Sichuan; ophiolitic mélange; finely disseminated gold deposit; stream sediment anomaly; soil–adsorbed mercury anomaly; sequence of guide element zones; geochemical model for mineral prospecting.

About the first author: YANG Wei–shou, male, born in 1961, Senior engineer, majors in geophysical and geochemical exploration methods and technology, economic management and development stratagem; E–mail: dgphtms@126.com.