

重要类型金矿床(体)成矿预测研究¹

韦龙明⁽¹⁾ 黄建军⁽²⁾ 杨世瑜⁽³⁾ 李 惠⁽⁴⁾
李福东⁽⁵⁾ 吴烈善⁽¹⁾ 邹湘华⁽⁵⁾ 钟昆明⁽³⁾

((1) 桂林矿产地质研究院, 广西 桂林 541004)
((2) 西北有色金属地质研究所, 陕西 西安 710054)
((3) 昆明理工大学, 云南 昆明 650093)
((4) 冶金部地球物理勘察院物化探研究所, 河北 保定 071051)
((5) 国土资源部西北地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘 要:在总结煎茶岭、八卦庙、马鞍桥、双王、北衙 5 种重要类型金矿成矿地质模型基础上, 针对不同地质条件开展包括遥感弱信息提取、铅同位素打靶、岩石烃异常和原生叠加晕等多种找矿新方法新技术研究, 提出不同类型金矿床(体)快速定位预测的最佳方法组合。

关键词:金矿床; 成矿地质条件; 新方法新技术; 快速定位预测; 秦岭地区; “三江”地区

中图分类号: P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001- 5663(2001) 01- 0004- 07

秦岭地区和西南“三江”地区是我国重要的金矿成矿带, 近一、二十年来, 尤其在秦岭地区发现了大量的金矿床, 不仅类型新颖而且储量大, 是开展重要类型金矿床(体)快速定位预测研究的有利地区。本文选择煎茶岭、八卦庙、马鞍桥、双王、北衙 5 个矿区进行典型解剖, 从理论到方法, 从已知区到未知区开展金矿床(体)快速定位预测研究。

1 成矿地质条件研究

1.1 重要类型金矿床的成矿地质条件概况

五种重要类型金矿床的成矿地质条件可归纳如表 1。对比分析可见, 这些类型金矿床均处于不同大地构造单元的结合部位及其附近, 金矿化明显受构造, 尤其受脆—韧性剪切带控制。其中, 同属沉积岩容矿型的八卦庙、双王、马鞍桥 3 个金矿床, 它们在成矿地质条件方面相对较为相似, 均属沉积改造型金矿床; 而其余两类金矿床则与岩浆岩关系较为密切。当然, 各个矿床的控矿地质条件均有一定差异, 这就决定了不同矿床在成矿预测的地质标志、方法准则和找矿方法应用上既有共同点, 又有各自的特殊性。

¹ 收稿日期: 2000- 10- 18 韦龙明(1959-), 男, 广西陆川人, 高级工程师, 在职博士研究生, 主要从事金矿地质和沉积学研究。
本文是国家“九·五”科技攻关 94- 914- 03- 04”专题部分成果。

表 1 重要类型金矿床成矿地质条件对比表

Table 1 Comparison of Ore-Forming Geological conditions of Important type of Gold deposit

重要特征对比	煎茶岭式金矿 ^a	八卦庙式金矿 ^a	双王式金矿 ^a	马鞍桥式金矿 ^a	北衙式金矿 ^a
大地构造位置	南秦岭褶皱带与扬子板块间三角地块	扬子板块北部被动大陆边缘	扬子板块北部被动大陆边缘	华北板块南缘弧前盆地板块逆冲带	扬子地台西缘三江褶皱带
沉积盆地环境	大陆边缘沉积	浅海相裂谷盆地	浅海相裂谷盆地	深水斜坡相	碳酸盐台地相
含矿地层	断头崖组(\in_1d)	星红铺组(D_3x_1)	星红铺组(D_3x_1)	王家河组(Pz_1wj)	北衙组(T_2b)
容矿岩石	白云岩	热水沉积细碎屑岩	碳酸盐钠长角砾岩	细碎屑浊积岩	灰岩为主
主要控矿构造	长期活动的脆-韧性剪切带(F_1^{45})	韧性剪切带及揉皱石英脉破碎带	NW 向钠长碳酸盐角砾岩带	脆- 韧性剪切带	断裂构造及岩体接触构造
与岩浆岩空间及成因关系	与超基性岩相伴, 距钠长斑岩 300~1000 米范围	矿区内岩体不发育、岩脉稀少	中酸性岩体外围	中酸性岩体外围	与斑岩体具密切的时空成因关系
成矿年龄($\times 10^6a$)	K- Ar 法 239~144	Doe 铅年龄 208 H- H 法年龄 122	$^{40}Ar/^{39}Ar$ 法 168	Pb- Pb 法 128~389	U- Pb 法 61 Rb- Sr 法 48.5
矿床成因类型	与超基性岩有关的构造蚀变岩型	热水沉积韧(脆)性剪切带型	热水沉积- 构造角砾岩型	浊积岩- 韧(脆)性剪切带型	富碱斑岩型

1. 2 成矿地质条件研究

1. 2. 1 区域大地构造背景研究的新看法

(1)南秦岭勉略阳微地块主要由扬子板块与秦岭板块不同层面、不同地质构造背景、不同时期、不同性质的地质体相互拼接而成,它主要由南部的元古代基底缝合带(具有板块性质)和北部的印支—燕山期盖层缝合带(又称勉略缝合带,为构造蛇绿混杂岩组合)组成。缝合带的构造演化对后期的成岩成矿起重要控制作用。

(2)板沙地区大地构造环境长期归属于扬子板块北缘,以往习称中秦岭印支褶皱带。张国伟等(1997)将板沙地区北部的部分地段归入华北板块南缘弧前盆地范畴。本次研究认为华北板块南缘之商丹断裂带主界面应南移 10km,置于板房子- 小王涧近东西一线,从而马鞍桥金矿床的成矿大地构造环境归属于华北板块南缘弧前盆地板块构造逆冲带。

1. 2. 2 对含矿地层归属的新认识

(1)勉略阳三角地区的基底构造- 碧口群应解体为四套地层单元。其中,鱼洞子群(Ar_3y)为花岗岩- 绿岩带,变质程度达到绿片岩相- 角闪岩相;陈家坝群(Pt_1-2ch)为一套具绿片岩相的岛弧火山岩组合;大安群(Pt_1-2da)的为大洋拉斑玄武岩组合,变质程度达到高绿片岩相;狭义的碧口群(Pt_2-3bk)为一岛弧- 弧后盆地沉积的火山岩系。

(2)确定马鞍桥金矿床含矿岩系 “王家河组”的时代应属早古生代,而不是以往认为的晚古生代泥盆纪。认为原有的“王家河组”系由多个构造岩片所组成,并将其解体为 3 个地层单元,包括“王家河组”(Pz_1wj)、“丹凤群”($Pt_3- Pz_1df$)和“大草滩群”(D_3),否定存在有部分石炭纪地层。

1. 2. 3 容矿岩石研究的新认识

(1)八卦庙矿区发现热水沉积岩 研究发现八卦庙矿区原所谓的“条带状灰岩”,实际上成分复杂,它由铁碳酸盐、钠长石、硅质石英及其泥质成分以不同比例构成明显的纹层条带状构

造,条带厚度仅几厘米,并未见纯的灰岩。不同成分条带频繁互层且渐变过渡,韵律纹层构造和剖面上的沉积旋回构造发育,以上的岩石结构构造及化学成分和微量元素特征与现代海底热水沉积物和秦岭泥盆纪铅锌矿的条带状热水沉积岩相似;稀土元素及氢、氧、碳、硅同位素证据说明具有深源热水沉积成因特征。而且金矿化与热水沉积岩密切相关。

(2) 马鞍桥金矿区的含矿岩系属深水斜坡相之浊积岩,马鞍桥金矿的含矿岩系“王家河组”(P₂wj)为一套由浅变质、局部含火山物质的细碎屑岩-碳酸盐岩组成的复理石建造,可分为二个岩性段或二个亚旋回,每个亚旋回均自下而上出现由粗→细变化,其中具不同序次的饱玛层序特征,即“砾、砂→砂、泥、→钙→泥(砂)、钙→碳(泥、砂)”等小韵律层频繁出现,滑塌构造发育。

(3) 马鞍桥金矿区的“浅色岩相”系变质矿物集合体,而非含矿热液蚀变产物,马鞍桥金矿床含矿岩系中存在以含黄铁矿、磁黄铁矿、绢云-方解-石英千枚(糜)岩为代表的一套岩石组合,达低绿片岩相,颜色以浅色(灰白及淡紫、淡灰绿)为其特征,故称为“浅色岩相”。成矿作用和成矿机制研究表明,可见不同变质矿物组合体频繁相间的条带状构造及相变特征,反映出原始沉积物质组分差异的沉积岩相特征。

(4) 北衙成矿区碱性斑岩与构造和金矿化构成“三位一体”,北衙成矿区的碱性斑岩与矿床密切共生,它们共同受到喜山期构造控制,三者具时空分布的一致性,在时间上为同一地质事件的产物,且空间上同位,从而在构造单元(包括遥感影像线环构造单元和地质构造单元)、岩浆建造单元及矿化单元的级别划分上均可一一对应。

1.3 重要类型金矿床的成矿地质模型

各个金矿床的成矿地质模型可归纳描述如下:

煎茶岭式构造蚀变岩型金矿的成矿模式可描述为:在板块碰撞作用下,融熔深部物质并以冷侵入的方式沿韧性剪切构造带上侵入形成富含 Ni、Co、Au 的超基性岩,后期又经重熔型花岗岩斑岩(或钠长斑岩)岩岩浆热液改造,金矿的形成是在经历了长期、复杂、多期构造-岩浆活动之后,最后形成于中-晚燕山期。

沉积岩容矿型金矿(八卦庙、双王)的成矿模式则可概括为:海西期裂陷盆地背景下的同生(及后生)热水沉积-交代形成金丰度高的热水沉积岩系,伴随着深源物质加入和深源流体作用,经印支-燕山期韧-脆性剪切构造改造富集成矿,其中八卦庙金矿床的矿化形式为揉皱(破碎)石英脉带型(细脉浸染型),双王金矿床的矿化形式为钠长碳酸盐角砾岩型。

马鞍桥金矿床的成矿作用自早古生代始至燕山早期经历了漫长的“沉积(矿源)一变质作用改造(矿胚)→岩体热影响(中温成矿元素迭加)→逆冲推覆、走滑脆-韧性剪切(矿体成型、初步定位)→伸展构造(破坏矿体、最终定位)”的演化历程。

北衙式碱性斑岩型金矿床的成矿模式可概括为:在喜山期板块活动构造环境下,壳幔源碱性斑岩侵位形成了同地质体同空间定位的构造-岩浆-矿床三位一体的斑岩型金多金属矿床,在斑岩体-脉-裂隙系统中,金矿床定位于脉、脉-裂隙过渡带及侵入接触断裂构造带,形成与斑岩侵位及表生风化作用相对应的铅锌矿化-金矿化及金表生富集的矿化系列。

2 重要类型金矿床(体)快速定位预测方法研究

2.1 遥感弱信息提取技术应用研究

成矿作用产生的不同蚀变矿物组合具有独特的光谱响应,在卫星遥感 TM 图像有相应的

表现。通过陕西八卦庙和云南北衙两个金矿区的应用研究,把 TM 合成彩色图像与区域地质图对比发现,与金矿化密切相关的富铁矿化蚀变(黄铁矿化、褐铁矿化、铁碳酸盐化)和羟基矿物成分蚀变(粘土矿化和碳酸盐化)异常大多发生在区域性脆—韧性剪切(断裂)带上,用八卦庙金矿则分布在铁氧化物蚀变异常带的边部或附近,而北衙金矿床定位于中等强度-弱强度的异常带上(图 1)。

2.2 铅同位素打靶技术应用研究

统计(表 2)表明,金矿石的铅同位素组成与围岩(白云岩、超基性岩及钠长斑岩)差别较大,其中,金矿石的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 和²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 平均值介于白云岩与超基性岩之间,而²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 平均值最低;钠长斑岩的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 和²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 的平均值最低,而²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 平均值最高。

对预测区进行铅同位素打靶发现,金矿石的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 比值大多< 18.410, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 平均值大多< 37.000,而非矿化体均具较高比值。利用铅同位素数据进行做图(图 2)分析,经过解析,去掉一些产状不明和不合理的样点后,预测区²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 比值变差椭圆图的形状和轴向与靶区(已知矿区)更加趋于一致,并且绝大部分与矿体变差椭圆重叠,表明预测区内存在有矿体,后来得到勘探工程的验证。

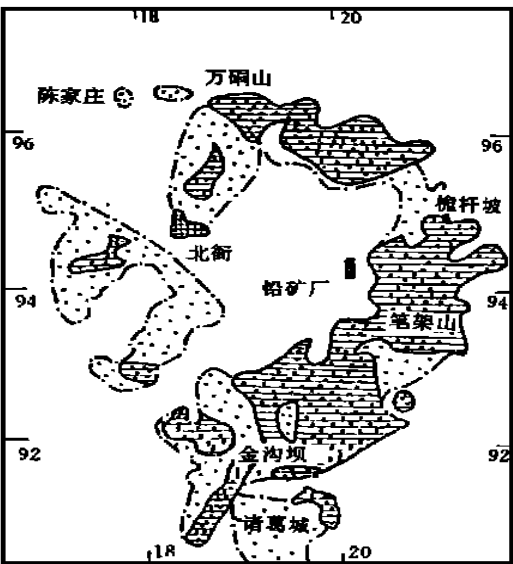


图 1 北衙矿区 TM 图像矿化信息异常图

Fig 1 Halo Map of TM Image Mineralization Information at Beiya Ore Field
横线区为富铁氧化物异常区;
点阵区为富羟基矿物异常区

表 2 煎茶岭金矿床不同地质体的铅同位素组成统计表

Table 2 Pb Isotope Comparison of Various Geological Bodies at Jianchaling Gold Deposit

样品类型	样品数	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb		²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	
		分布范围	平均值	分布范围	平均值	分布范围	平均值
白云岩	26	17.821~20.335	18.931	15.310~15.784	15.560	36.925~38.457	37.783
金矿石	11	17.214~18.653	18.410	15.211~15.812	15.542	36.202~37.579	36.627
超基性岩	36	17.649~19.536	18.281	15.401~15.804	15.536	37.015~39.186	37.533
钠长斑岩	6	16.406~17.501	16.858	15.269~15.459	15.364	37.706~39.086	38.142

2.3 岩石烃异常方法找矿研究

许多金矿床与有机质有密切关系,作为有机质产物之一的有机络合物是许多金属、贵金属元素迁移的重要方式。同为有机质产物的烃类气体,由于其极低的沸点和极高的蒸汽压,因而具有很强的挥发性与穿透能力,通过断裂构造的运移作用,吸附烃在地表形成异常,从而反映矿化信息。虽然表生条件下可形成一定的轻烃物质,但可通过样品预处理而排除干扰。

通过典型矿区不同地质体的烃含量对比研究表明,无论是统计结果(表 3)还是地表或坑道的剖面测量,均反映样品的烃含量与其金矿品位成正比,石英脉的烃含量远远高于围岩。在

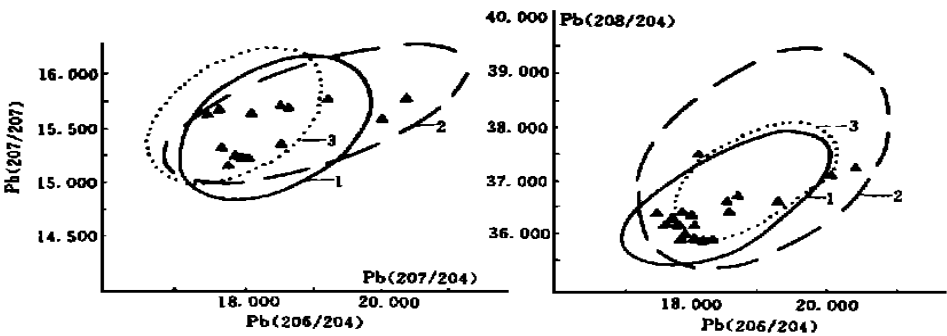


图 2 预测区与靶区铅同位素变差椭圆图解

Fig 2 Change differ from ellipse diagram of Pb isotope in prognosticate area and target area

1- 靶区 2- 预测区(解析前) 3- 预测区(解析后)

表 3 八卦庙金矿床不同岩性金和烃含量对比表(LI/kg)

Tavle 3 Comparison of Gold and Absorptive Hydrocarbon in Various Lihologies at Baguamiao Gold Deposit

样品类型	样数	Au×10 ⁻⁶	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₂ H ₄	C ₃ H ₆	总量
后期断层泥	1	0.890	610.00	20.50	5.91	32.45	37.74	711.139
条带状围岩	2	0.029	794.05	98.72	39.30	126.71	103.31	1193.320
深色千枚岩	12	0.589	1347.80	158.78	64.61	193.40	170.40	1969.655
褪色千枚岩	4	5.793	4910.80	538.30	158.90	535.45	389.10	6603.145
顺层石英脉	6	2.114	18430.02	2449.85	776.42	2246.95	1563.75	25806.204
节理石英脉	4	12.830	25272.50	3477.25	1270.50	3238.75	2327.00	36144.135

区域成矿预测研究基础上,我们初步建立了判别金矿化规模的石英脉烃含量指标(表4)。如八卦庙超大型金矿床烃含量最高可达7万 LI/kg 以上,两个预测区石英脉烃总量最高达2万 LI/kg 以上,预测远景规模达大型,同期勘探工程发现了金矿体。

2.4 原生叠加晕方法找矿研究

金矿床(体)特别是大矿、富矿的原生晕多是由多阶段脉动叠加成矿成晕的结果。根据金矿叠加成矿(晕)严格受构造控制的特点,通过在构造蚀变带中取样分析而发现(或抓住)叠加晕主体特征,是一种快速、经济、有效的找矿方法。

根据双王金矿床围岩的地球化学背景,确定了各指示元素的异常下限,以异常下限作为外带异常下限值,一般以异常下限的2~4和4~8倍做为异常中带和内带的下限标准(表5)。

表 4 金矿化规模的烃含量判别指标

Table 4 Scale Discrimination critria of Absorptive Hydrocarbon in Gold mineralize

矿床规模	石英脉吸附烃总量
超大型	最高达 7 万 LI/kg 以上
大型	2~3 万 LI/kg
中小型	1 万 LI/kg 左右
不成型	几千 LI/kg 左右以下
SML 预测区	最高 21921.20LI/kg
SG 预测区	最高 23671.16LI/kg

表 5 双王金矿床指示元素异常外、中、内带分带标准

Table 5 Zoning Criteria for Outer, Middle and Inner Zone of Indicator elements at Shuangwang

异常分带	×10 ⁻⁶	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Hg	B	Bi	Mo	Mn	Co	Ba	* Hg	V	Ni	Cr	Ti
外带	≥	0.1	0.08	10	10	10	15	0.8	0.09	100	0.7	0.4	$\frac{500}{1000}$	10	< 200	1	80	50	80	500
中外带	≥	0.5	0.15	20	20	20	30	1.5	0.15	200	1.5	0.8	$\frac{1000}{2000}$	20	< 100	3	120	80	120	1000
内带	≥	1	0.30	40	40	40	60	3.0	0.30	400	3.0	1.6	$\frac{2000}{4000}$	40		5				2000

注: Cu、Pb、Zn 异常分带标准是矿带中相对高值; * Mg 系热释 Hg(×10⁻⁹) : 一胶结物样品的外、中、内带

通过不同勘探线、不同中段的原生叠加晕研究, 得出双王金矿床原生叠加晕的理想模式(图 3), 双王金矿床每个阶段形成的金矿化体都有自己的 B、As、Sb、Hg 前缘晕, 近矿晕 Au、Ba (-) 晕和尾晕 (Mn、Bi 晕); 单阶段形成矿体(晕)的指示元素的轴(垂)向理想分带序列从上→下是: Hg、B、Sb、As→Ag、Au→Bi、Mn→Ni、V。

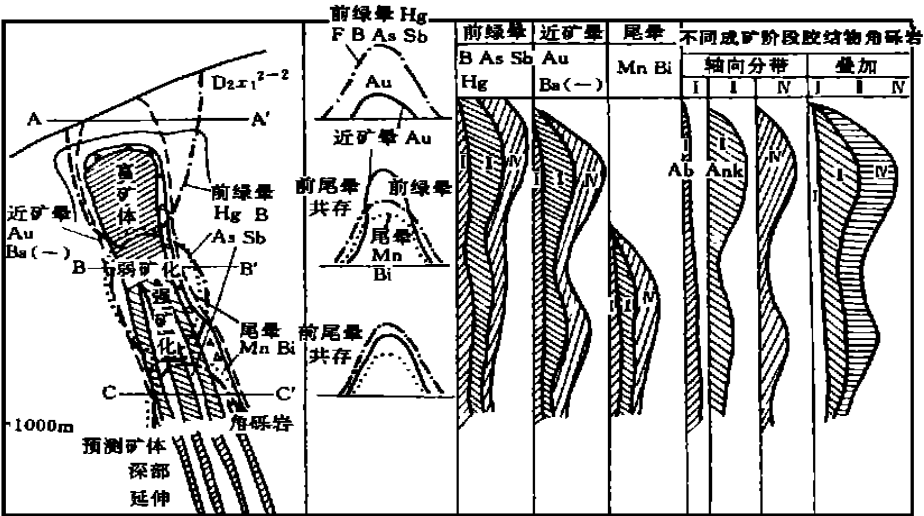


图 3 双王金矿床叠加晕理想模式图

Fig 3 Ideal Model for overlapping Halo at Shuangwang Gold Deposit

D₃x₁2⁻²—泥盆系星红铺组下亚组变质粉砂岩夹绢云母板岩 Ank—含铁白云石胶结角砾岩

Ab—钠长石胶结角砾岩 Ba(-)—低值负异常 I II III—成矿阶段 Nb—钠长石化带

通过双王金矿床深部成矿预测实践(部分预测地段经矿山开采验证, 已找到矿体), 确定深部盲矿预测的原生叠加晕模式标志是: (1) 在有 Au 外带异常的基础上, 若有 B、Hg、As、Sb 特征前缘晕指示元素异常出现, 则指示深部有盲矿存在, 当 Au 异常强度较低, B、Hg、As、Sb 异常强度也只有外带异常, 指示盲矿较深; 若 Au 异常强度较大, As、Sb、B、Hg 异常强度也较大时, 指示盲矿较浅。(2) 在有金弱异常的基础上, 若 Mn、Bi 异常较强, 而 B、Hg、As、Sb 只有零星异常或无异常, 则指示深部无矿。(3) 在有 Au 弱异常(外带)条件下, 若既有前缘晕特征指示元素 B、Hg、As、Sb 较强异常, 又有尾晕指示元素 Mn、Bi 较强异常同时出现(共存), 则指示深部还有第二个富集带, 若在矿体中出现前、尾晕共存, 则指示矿体向下延伸还很大。(4) 反分带准

则:当计算矿体(晕)垂直分带序列时出现“反分带”即 Hg、B、As、Sb 出现在分带序列的下部,则指示深部有盲矿存在。(5)转折准则:当计算矿体(晕)的地化参数的垂直变化规律时,从上一→下逐渐降低(或升高),最后发生转折,即由升→降,或由降变为升,则指示深部有盲矿,若为矿体则指示矿体向下延伸还很大。

2.5 重要类型金矿床(体)快速定位预测方法组合

在地质异常标志基础上,5 种类型金矿床(体)快速定位预测的最佳方法组合分别是:
煎茶岭式金矿的最佳方法组合是铅同位素打靶+ 示踪元素+ 流体包裹体示踪; 八卦庙式金矿的最佳方法组合是岩石烃异常+ 遥感矿化弱信息+ 原生叠加晕; 马鞍桥式金矿的最佳方法组合是“浅色岩相”+ 快速构造混杂堆积体+ 化探异常+ 包裹体相对光密度指标; 双王式金矿的最佳方法组合是原生叠加晕+ 土壤热释汞+ 土壤吸附烃; 北衙式金矿的最佳方法组合是遥感矿化弱信息+ 遥感影像线环结构+ 构造地球化学。

本文是专题所有科研人员集体智慧的结晶, 各子专题单位的领导对项目的实施给予了极大的关注和支持, 有关野外队或矿山的地质人员积极配合, 文中引用许多未刊资料, 在此一并致谢。

参考文献:

[1] 韦龙明. 八卦庙金矿研究新进展—热水沉积岩的确认[J]. 地质论评, 1999, 45(2): 201.
[2] 李惠, 张文华, 常凤池. 大型特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕理想模型[J]. 地质找矿论丛, 1999, (3): 25-33.
[3] 杨世瑜. 遥感影像网络结构与矿床定位[J]. 昆明理工大学学报, 1999(1).
[4] 陈远荣, 尹意求, 贾国相, 等. 地球化学学综合方法找矿应用试验研究——以广西贵港庆丰—平南旺石铅锌矿带为例[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6): 569-573.
[5] 张远飞, 吴建生. 基于遥感图像提取矿化蚀变信息[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6): 604-606.

STUDY ON THE MINERALIZATION PROGNOSTICATE
OF SOME IMPORTANT TYPES OF GOLD DEPOSITS

WEI Long-ming⁽¹⁾ HUANG Jian-jun⁽²⁾ YANG Shi-yu⁽³⁾ LI Hui⁽⁴⁾
LI Fu-dong⁽⁵⁾ WU Lie-shan⁽¹⁾ ZOU Xiang-hua⁽⁵⁾ ZHONG Kun-ming⁽³⁾
((1)Research Institute of Geology for Mineral resources, Guilin, Guangxi Guilin 541004)
((2)Institute of Geology, Bureau of Exploration for Nonferrous Metals,
in Northwest China, Shaanxi Xi'an 710054)
((3)Kunming University of Science and Technology, yunnan Kunming 650093)
((4)Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, H ebei Baoding 071051)
((5)Xi'an Institute of Geology for Mineral resources, Shaanxi Xi'an 710054)

Abstract: According the mineralization models of geology for Jianchaling, Baguamiao, Maanqiao, Shuangwang and Beiya Gold deposits, Many new technologies and methods for prognosticate of gold deposit have been studied including distilling mineralized information of remote sensing, target practice with lead isotope, hydrocarbon anormal in the rocks and primary halo overprinting and so on. The best method combination for fast prognosticate of various deposits has been pruposed.
Key Words: Gold deposit; Geological condition of mineralization; New technology and methods; Fast prognosticate; Qinling region; “The three rivers”region