

63-72

白龙江中上游地区  
金矿控矿因素及成矿模式探讨p618.510.2  
p618.510.5

李通国 谢建强

(甘肃地勘局化探队 永登 730300)

**摘 要** 白龙江中上游地区微细浸染型金矿, 是受地层和构造双重控制的金矿床。在阐述矿床空间分布规律、控矿因素、区域矿化和地球化学特征等基础上, 初步建立了地质地球化学成矿模式。

**关键词** 白龙江中上游地区 控矿因素 地球化学特征 成矿模式

## 1 区域地质特征

白龙江中上游地区位于西秦岭印支冒地槽褶皱带, 南以玛沁—玛曲—略阳大断裂与甘孜—松潘褶皱带相接, 总体呈 NW 向展布。出露地层主要为志留系、泥盆系, 是一套还原环境下海相沉积的富含有机质、硅灰质的黑色页岩建造。在复背斜西段核部, 有少量震旦系白依沟群和寒武—奥陶系太阳顶群出露。区内断裂构造发育, 以 EW 向、NW 向为主, 组成则岔—酒奠梁—小金厂、玛曲—略阳、温泉—益哇—洛大林场 3 组大断裂。其中, 温泉—益哇—洛大林场断裂组控制了金铀矿带的展布(图 1)。

区内岩浆活动不甚强烈, 仅有少量的中酸性岩体(脉)侵入。热液型矿产有金、铀、砷、汞、锑、铁等。西段有拉尔玛—邛莫金矿床; 中段产有黑多寺、查布金矿; 东段有九源、坪定金矿。

## 2 区域地球化学特征

沿白龙江复背斜, 集中地发育有 Mo、Cd、Ag、Ba、Cr、Ni、Co、V、U、Au、Hg、As、Sb、Cu、Zn 等 15 种元素(表 1、图 2), 其中 As、Sb、Cd 3 种元素高出地壳平均值 4~20 倍, Ag、Hg、U、Mo、Ba 等高出地壳平均值 1.5~2 倍, 其它元素接近或低于地壳平均值。而 Au、U、Ag、As、Sb、Hg、Mo、Cd 叠加程度较高(>3)。在异常上形成 Mo、Cd、Ag 为显著高值强异常带, Hg、Sb、As、Au、Zn 为岛状断续展布的异常带。这种多元素高背景场, 是特殊沉积环境的反映, 也是多次构造旋回形成的地球化学作用的表现, 从而形成长达 100km 以上的金、铀、砷、汞、锑矿化带。

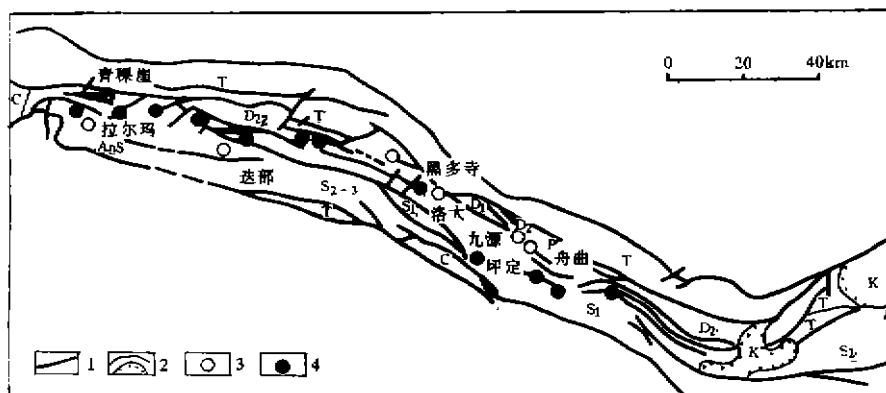


图1 白龙江中上游地区地质略图

Fig.1 Geological schematic map for the middle - upper reaches of Bailongjiang River area

K—白垩系;T—三叠系;P—二叠系;C—石炭系;D<sub>2</sub>—中泥盆统;S<sub>3</sub>—上志留统;

S<sub>2</sub>—中志留统;S<sub>1</sub>—下志留统;AnS—前志留系;

1—断层;2—整合、不整合地质界线;3—金矿床(点);4—钨矿床(点)

表1 白龙江中上游地区元素参数表

Table 1 Parameters for the elements from the middle - upper reaches of Bailongjiang River area

参 数	Au	Ag	As	Sb	Hg	Cu	U	V	Mo	Zn	Cd	Ba	Cr	Ni	Co
平均值( $\bar{x}$ )	1.6	0.14	10.7	5.6	0.2	58.8	2.5	58.1	2.3	82.2	0.33	674.4	47.3	19.7	9.1
标准离差( $\delta$ )	1.6	0.44	31.6	11.4	0.7	82.2	3.1	74.8	11	137.1	1.1	1679	30.6	25.7	15
衬值(K)	1.1	2.3	2.1	3.7	5.2	2.2	1.4	1.1	7.7	1.2	3.2	1.6	1.1	1.1	1.0
浓集克拉克值(K <sub>k</sub> )	0.5	1.9	4.9	9.0	2.2	0.9	1.5	0.4	1.8	0.9	22	1.7	0.4	0.2	0.4
叠加强度(D)	3.2	4.3	3.1	4.5	27.2	1.0	4.0	2.0	209	1.0	15.5	1.0	1.0	1.5	2.2

资料来源:据本队资料综合整理,测试单位:甘肃省地矿局中心实验室。元素含量单位:Au为 $10^{-9}$ ,其它元素为 $10^{-6}$ ,  
 $K = \bar{x} / \text{西秦岭背景值}$ ;  $D = \bar{x}_2 \cdot \delta_2 / \bar{x}_1 \cdot \delta_1$  (剔除高值前/剔除高值后)。

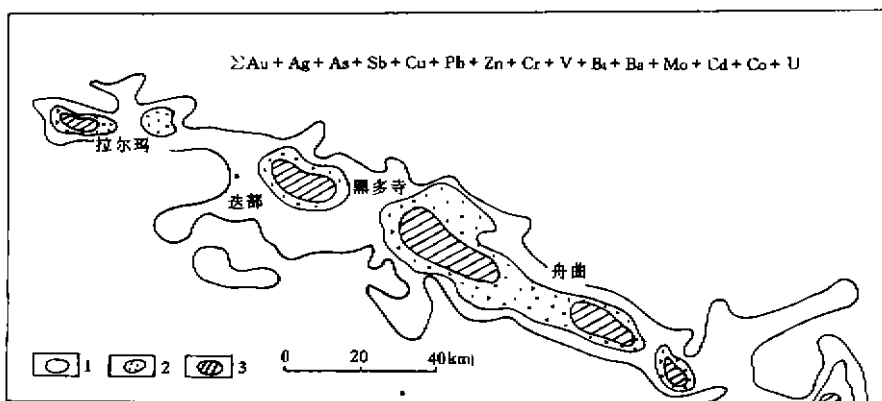


图2 白龙江中上游地区元素衬值累加图

Fig.2 Contrast value accumulation diagram for the elements

from the middle - upper reaches of Bailongjiang River area

1—累加值 > 15; 2—累加值 > 22.5; 3—累加值 > 30

### 3 控矿因素

#### 3.1 地层岩石组合控矿

区内主要地层地化参数如表2。其中志留系中叠加程度较高的元素有 Au、Ag、Hg、U、Mo、Cd、Ba(前志留系地层与之相似),反映了黑色岩系元素组合特征;泥盆系浓集、叠加较高的元素有 As、Hg、Au、Cd,反映了复背斜北翼断裂带低温元素成矿组合特征。现就各地层成矿特征分述如下。

表2 白龙江中上游地区地层元素地球化学参数表

Table 2 Geochemical parameters for the elements from the strata  
of the middle - upper reaches of Bailongjiang River area

地 层	参 数	Au	Ag	As	Sb	Hg	Cu	U	V	Mo	Zn	Cd	Ba	Cr	Ni	Co
泥 盆 系	$\bar{x}$	1.9	0.09	18.8	2.5	0.6	48.4	1.8	52.6	0.4	87.7	0.17	372	51.2	21.1	8.0
	$\delta$	2.4	0.14	76	3.6	1.7	52	1.1	48.7	0.6	106	0.26	426	38.5	21.8	8.1
	K	1.4	1.5	3.8	1.7	15.5	1.9	1.0	1.0	1.3	1.3	1.6	0.9	0.4	1.1	0.9
	Ni	2.3	3.4	57.3	4.0	684	3.7	0.6	0.9	2.7	1.9	4.1	0.9	0.1	1.3	0.8
	D	4.4	1.0	13.9	1.0	15.4	1.0	1.3	1.0	2.1	2.8	3.8	1.0	1.0	1.0	1.0
志 留 系	$\bar{x}$	1.6	0.23	13.8	7.3	0.18	78.4	3.5	88.9	4.3	100	0.51	1184	64.8	28.3	13.4
	$\delta$	1.3	0.6	18.8	13.0	0.28	105	4.1	91.8	15.7	106	1.5	2320	41	30.5	19.4
	K	1.4	3.8	2.8	4.9	4.7	2.9	1.9	1.7	14.3	1.4	4.9	2.9	1.3	1.5	1.5
	Ni	33.8	38.9	10.4	42.2	33.8	12.0	4.4	2.8	750	2.7	71	16	1.1	2.4	3.1
	D	3.1	9.8	1.0	1.0	3.1	1.0	4.0	2.5	4.7	2.6	38	11	1.0	1.8	3.1

资料来源:元素含量单位及参数同表1;Ni—浓集值; $\bar{x} \cdot \delta / cb$ (cb—背景值)。

上震旦统一寒武统位于白龙江复背斜西段倾没端,由一套硅质岩、粉砂质粘土岩、含炭质粘土岩组成。海盆中心热水喷流及火山活动提供了较丰富的金及其它元素。使金的丰度值较高,平均为  $7.5 \times 10^{-9} \sim 12.5 \times 10^{-9}$ ,为本区金矿的形成奠定了物质基础。此外这套岩石有效孔隙度为 2.48% ~ 11.68%,为矿液提供了运移通道和容矿空间。在地球化学特征上,不但主成矿元素 Au 的集中和叠加程度较高,而且 U、Ag、As、Hg、Cu、V、Mo、Zn 等元素也相对富集。由这些特征元素组成的矿(化)点和异常很多,已发现的拉尔玛、邛莫等金矿及相对应的异常,属层控—后期热液(热卤水)再造硅灰(泥)岩型金矿床。

志留系分布于复背斜轴部,为 Au、U、Mo 等多金属成矿有利地层,已知有三角坪、石门、葱花坡、洛大等金矿(化)点及数十处铀矿床(点)。Au、U、V、Mo、Cu、Zn、Hg、As、Fe 等元素的富集,总是位于黑色泥(硅)岩组合向碳酸盐岩组合过渡部位的炭硅岩、炭板岩和不纯灰岩中。Hg、As、Sb、U、V、Cu、Zn、Ni 微量元素与 Au 高度相关,有的已构成伴生矿产或共生的工业矿体。有洛大林场—石门沟异常群出现(图3),集中、叠加程度较强的元素与黑色岩系特征组合元素相似。所以,该套岩石既是含矿母体,又是各种元素的成矿场所。岩石普遍含炭和黄铁矿,表明沉积时的强还原环境,聚集了丰富的地球化学特征相似的 U、Cu、Au、V、Mo、Zn、Ni、Co、Hg、As 等元素。从空间分布看,西段(洛大以西)矿化好,东段次,反映了沉积环境和成矿条件的差异。

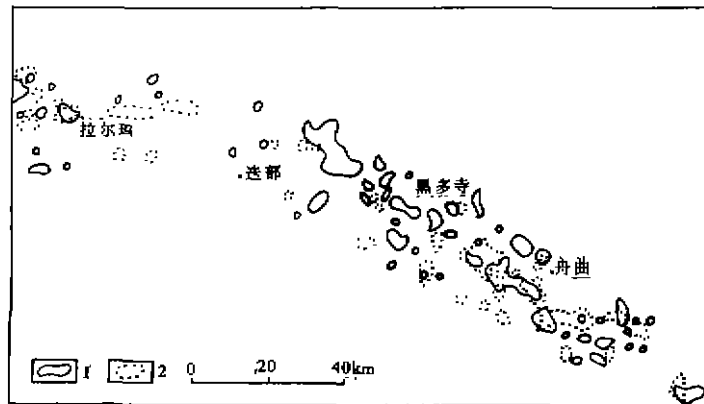


图3 白龙江中上游地区 Au、U 异常图

Fig.3 Diagram showing Au, U anomalies for the middle - upper reaches of Bailongjiang River area

1—金异常; 2—铀异常

泥盆系呈条带状出露,主要见于复背斜北翼,集中分布于青裸崖—舟曲—中牌一带,是 Au、Hg、As、Sb 富集的有利层位,以微细粒浸染型金矿为主。该地层为一套含泥碳酸盐岩、炭质粘土岩及凝灰岩,表现为沉积物频繁的横向转换和火山喷发物交替变更的沉积环境,尤其是浅海陆棚向深水过渡地带,由于沉积环境和地球化学条件的改变,对 Au 元素的初始富集十分有利,形成含 Au 丰度值相对较高的中泥盆统,其 Au 含量  $7.35 \times 10^{-9} \sim 18.85 \times 10^{-9}$ 。可能是 Au 的初始矿源层的形成阶段。已知有九源、坪定、黑多寺等金(汞、砷)矿床(点)。矿体受地层岩性和断裂构造双重控制。

其化探异常主要集中于桑坝沟—坪定一带,金异常面积大,峰值高( $327 \times 10^{-9}$ ),浓集中心明显、浓度梯度清晰,是区内金成矿的最有利层位。

### 3.2 褶皱断裂控矿

该区矿床(点)及地化异常主要集中分布于两个 NW 向成矿带上,即复背斜轴部拉尔玛—石门金、铀、铜、铁成矿带和复背斜北翼桑坝沟—坪定金、汞、锑、铁成矿带,南翼由于断失,矿产、异常较少。

拉尔玛—石门成矿带位于复背斜轴部,有温泉—益哇—洛大林场近 EW—NW 向断裂带通过。地层以志留系为主体,西端有少量的上震旦统一寒武统,为炭硅灰泥岩建造。最富集的元素有 Mo、Cd、As、Sb、Hg、Au、Ag、Ba、Zn(浓集克拉克值  $> 1.5$ ),构成区内潜在的多金属地球化学带。

该断裂带规模大、切割深,具多期次活动的特点,其本身金矿化较弱,可能为一区域性导矿构造。在空间上它控制着矿带的分布,由它派生的次一级 NEE—近 EW 向和 NWW—NW 向两组构造,对矿床起着定位作用。尤其是层间破碎带、背斜轴部的张性节理、裂隙及其归并、分枝处,提供了储矿空间,并控制着金矿体的形态和规模。

矿带西段富 Au、U,出现以 Mo、U、Au、Hg、Zn 为特征组合的综合异常。该段位于 NE 向尔海与洛大隆起之间的白依台盆中(图 4)。由于沉积环境有利,聚集了多元素的黑色岩系发育,提供了丰富的物质基础。又因距火山喷发源较近,形成工业矿床较多。在白依背斜及其两翼

形成一系列 NWW 向和 NE 向逆冲断层,控制了金、铀矿的分布。所以白依背斜在区域上,基本控制了西段重要矿产及异常展布范围。

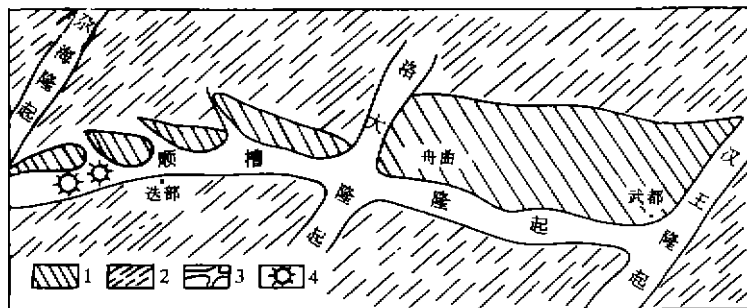


图4 中志留世古地理示意图

Fig.4 Paleogeographic schematic map of the middle Silurian

1—硅灰岩区; 2—碎屑岩区; 3—隆起区; 4—火山口

东段洛大到石门矿化较差,处于洛大隆起东坡、武都台盆西缘的海退隆起地段,后期次级褶皱、断裂十分发育。NNW 向斜列构造明显见于石门、角弓、沙湾、洛地坪、瓜咱沟等地。其矿(化)点及主要地化异常落到大背斜上(丰迭背斜、红山向斜、两河口—角弓背斜、葱花坡向斜、三角坪向斜、新寨背斜等)。

桑坝沟—坪定成矿带,位于复背斜北翼则岔—酒奠梁—小金厂断裂带内。由泥盆系及部分二叠系、石炭系含铁碎屑岩、碳酸盐岩建造组成。集中的元素有 Au、Hg、Sb、As、Fe,反映了断裂带元素组合特征,是本区重要的铁矿及中低温热液型金(汞、锑、砷)成矿带。西段富 Au、Fe,已发现有青棵崖砷金矿、黑多寺金矿等;东段富 Au、Hg、As、Sb,分布于黑峪沟—坪定一带,见有数处金矿床(点)。

NW 向断裂带控制了矿田(区)的展布,而次级 NW 向、NE 向引张或剪切断裂破碎带控制了矿床(体)的产出。如九源、坪定金矿主要受一系列次级扭张断裂、张扭性劈理、节理密集挤压破碎带等控制。破碎带在走向上呈舒缓波状延伸,在倾向上由陡变缓部位矿化好,厚度大、具有膨缩、分枝、复合特征。断裂通过火山岩及富含炭质高的地层及其 NW 向断裂交汇处时成矿更为有利。

沿断裂带有坪定、九源南、黑峪、刀扎河坝、桑坝沟等众多 Au 异常分布,形成面积大、强度高,与断裂带叠加的异常区(图 5)。所以笔者认为该带将会成为西秦岭地区重要的金矿集中区。

综上所述,NW 向褶皱断裂带控制了区域成矿带的展布;次级褶皱、断裂控制了成矿区或矿床(点);后期 NW 向、NE 向构造破碎带及有利的岩石组合控制矿体的产出。

### 3.3 岩浆岩控矿及热液叠加作用

区内岩浆岩不发育,但中酸性小岩脉分布甚广,侵位于复背斜的轴部和北翼区域断裂带附近。这些部位是热液活动最强烈地带,利于矿液的沉淀富集,形成众多的 Au、U、Mo、Fe、Hg、As、Sb 等热液型矿床(点)。大多数矿床(点)与脉岩关系密切,甚至个别岩脉金含量达  $1.25 \times 10^{-6} \sim 8.75 \times 10^{-6}$ 。这些岩脉的侵入和地层中含铀较丰富(形成部分放射热)提供了热源,改变了含矿岩系中金的赋存状态、为金的活化、迁移、富集提供了条件。

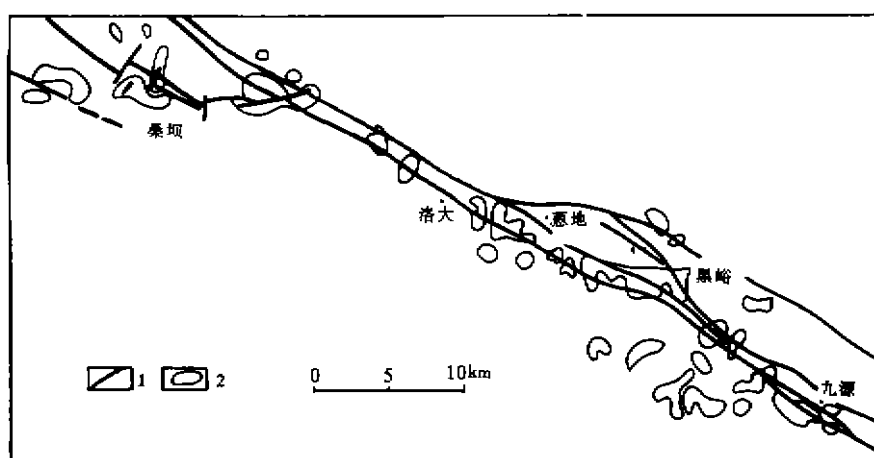


图5 九源—桑坝沟一带构造与 Au 异常叠加图

Fig.5 Stacking diagram of structure with Au - anomalies in Jiuyuan - Sangbagou area

1—断层; 2—金异常

#### 4 成矿物理化学条件

成矿物理化学条件如表3所列,成矿温度、压力属中低温、低压范畴。生成条件为弱酸性还原环境。硫同位素具有地壳硫同位素基本特征,说明硫主要来自沉积围岩。成矿流体水与区内现代温泉、雨水中的  $\delta^{18}\text{O}$  为  $-13.9\text{‰} \sim -15.56\text{‰}$ ,和区域变质水  $\delta^{18}\text{O}$  为  $5\text{‰} \sim 20\text{‰}$  接近,而  $\delta\text{D}$  接近或略低于区域变质水,可能有岩浆活动带入的部分岩浆水。主要成矿阶段盐度为  $4\text{wt}\% \sim 14\text{wt}\%$ 。所以认为:金源、硫源主要来自地层、水源为大气降水、变质水、热液为含矿热卤水。

表3 成矿温度、压力、硫氧同位素、pH值、Eh值

Table 3 Metallogenic temperature, pressure, sulfur and oxygen isotopes, values of pH and Eh

矿床 名称	温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	压 力 $10^5\text{Pa}$	硫 $\delta^{34}\text{S}$ ( $\text{‰}$ )	水 ( $\text{‰}$ )		pH 值	Eh 值
				$\delta\text{D}$	$\delta^{18}\text{O}$		
坪 定	112 ~ 248		1.8 ~ 9.6	-74.89	16.97		
九 源	241 ~ 278	80 ~ 120	-5.34 ~ 10.4	-75.91	-11	4.91	0.37
拉尔玛	142 ~ 269	100 ~ 300	28.5 ~ -25.2	-73 ~ -111	-14 ~ 16	5.73 ~ 3.69	-0.226 ~ 0.082

资料来源:甘肃省地矿局第三地质队资料综合整理,测试单位:沈阳地质矿产研究所。

#### 5 地质地球化学成矿模式

该类矿床是由地下热(卤)水改造而生成的浅成中低温热液型矿床,以自然金微细—超显微粒状浸染状于载金矿物中。依据矿床地质地球化学成矿特征,建立该类矿床成矿模式(表4)。再据该类矿床地质地球化学演化特征,将其划分为4个阶段(图6)。

表4 微细浸染型金矿成矿地质地球化学模式

Table 4 Geological and geochemical metallogenetic patterns of microgranular disseminated gold deposits

成矿特征	拉尔玛金矿	耶莫金矿	九源金矿	坪定金矿
赋矿地层	上震旦统太阳顶群和下寒武统俄都组		中泥盆统下吾那组	
控矿构造	背斜轴部的走向断裂		NW向区域构造及向斜构造控矿,次级断裂破碎带储矿	
主要脉岩	花岗细晶岩脉、石英闪长岩脉		花岗闪长岩脉、花岗闪长斑岩脉	
矿体形态	串珠状、透镜状、似层状、长条状		似层状、透镜状、脉状、扁豆状、枝叉状	
主要金属矿物组合	自然金、黄铁矿、辉锑矿、沥青铀矿、闪锌矿、辉钼矿	自然金、黄铁矿、沥青铀矿、闪锌矿、辉锑矿	自然金、黄铁矿、闪锌矿、毒砂、雄黄、雌黄、辰砂	自然金、雄黄、雌黄、黄铁矿
围岩蚀变	硅化、重晶石化、黄铁矿化	碳酸盐化、硅化、绢云母化、重晶石化	硅化、方解石化、黄铁矿化、泥化、炭化	硅化、碳酸盐化、粘土化
主要成矿阶段	绢云母—石英—辉锑矿—黄铁矿—石英、自然金—重晶石—辉钼矿、地开石—水铝英石—重晶石		黄铁矿—石英、毒砂—黄铁矿—石英、闪锌矿—辰砂—方解石、辰砂—雄(雌)黄—方解石	
成矿模式	沉积成岩—区域变质—古热(卤)水渗滤、改造叠加成矿—表生风化淋滤		矿源—构造—热源(地下热卤水)溶滤—地球化学屏障(沉淀、富集)	
分散流晕	Au、Hg、As、Sb、Ag、Cu、Mo、Zn、Ni、V组合, Au异常面积16.6km <sup>2</sup> ,元素集中分布,重合度高,浓集中心明显,水平分带由内→外: Ag(As)→Ba→Sb→Hg→Au		Au、Hg、As、Sb、Ag、Li组合, Au异常面积43km <sup>2</sup> , Hg异常面积131km <sup>2</sup> ,元素套合性好,浓集中心明显	
次生晕	Au、Hg、As、Sb、Ba、Mo、Ag、V、Zn、W组合, Au异常面积0.25km <sup>2</sup> ,有明显的浓集中心,呈长条带状,高含量区多元素重合对应,水平分带由西→东: As→Hg→Ba→Sb→Mo→Au→Ag→V→W		Au、Hg、Ag、Sb、Pb、As组合, Au异常面积>0.2km <sup>2</sup> , 常呈带状、串珠状延伸,具内带,受一定层位(构造)的控制	
原生晕	Au、Hg、As、Sb、Ag、Ba、Mo、Cu、Pb、Zn、Cr、Ni、Co、V、W组合, 矿上: 衬值 $\begin{cases} Au + Hg + Ag + Sb > 10 \\ Cu + Zn + Ni + V < 5 \end{cases}$ 矿下: 衬值 $\begin{cases} Au + Hg + Ag + Sb < 5 \\ Cu + Zn + Ni + V > 5 \end{cases}$		Au、Hg、As、Sb、Pb、Ag、Li、Zn、Mn、W组合, 矿上: $Au \cdot As \cdot Sb / Cu \cdot Mn \cdot Zn > 100$ 矿下: $Au \cdot As \cdot Sb / Cu \cdot Mn \cdot Zn < 50$	

### 5.1 加里东—印支期初始矿源层形成阶段

该阶段主要接受若尔盖古陆风化剥蚀物质的供给及海底火山喷发物和热水喷流物的沉积,并携带大量的 Au、Hg、As、Sb、U、Mo 等元素,被富含有机质的沉积物吸附,有机炭含量 0.43%~2.32%,最高可达 22%。形成一套富含 Mo、U、Ag、Au、As、Sb、Hg、V、Ni、Zn、Cu 元素的硅灰岩、炭质粘土岩及炭质粉(砂)质粘土岩等黑色岩系,特别是在沉积物转换带和地球化学场强烈地带,对元素初始富集十分有利,元素丰度一般高出地壳平均值 1~5 倍,金的丰度值为  $7 \times 10^{-9} \sim 20 \times 10^{-9}$ ,局部岩性组、段可达  $103.4 \times 10^{-9}$ ,为沉积—改造—热液叠加金矿的形成奠定了重要的物质基础。

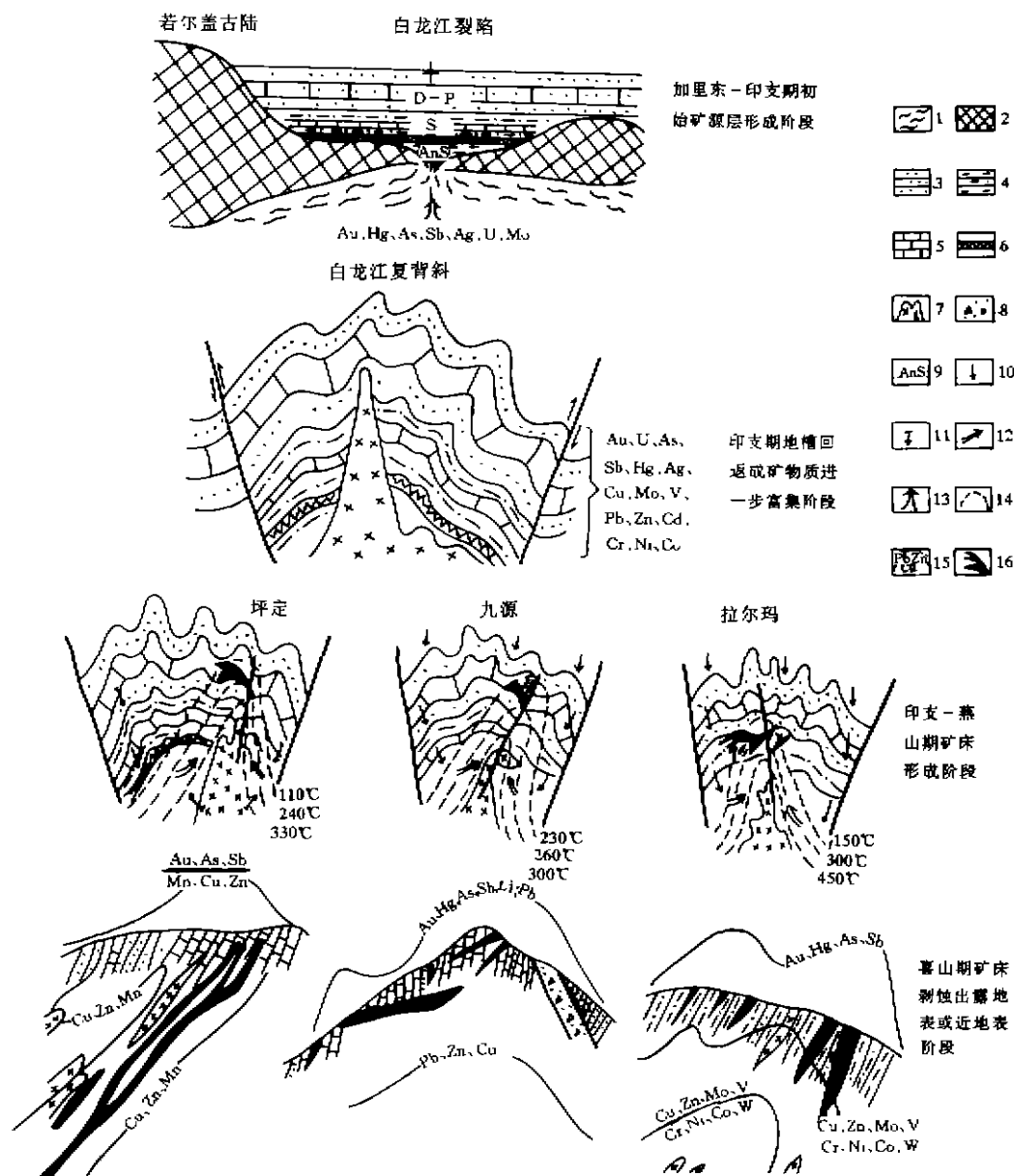


图6 白龙江中上游地区金矿地质地球化学成矿模式图

Fig.6 Geological and geochemical metallogenetic patterns of gold deposits along the middle - upper reaches of Bailongjiang River area

- 1—上地幔；2—古陆壳；3—碎屑岩；4—炭、硅质泥岩；5—碳酸盐岩；6—不整合地质界线；  
7—中酸性侵入岩(脉)；8—构造破碎带；9—地层代号；10—下渗地表水；11—地层(岩石)水和岩浆水；  
12—含矿热卤水；13—海底火山喷发物和热水喷流物；14—等温线；15—元素等值线；16—矿体



### 5.2 印支期地槽回返成矿物质进一步富集阶段

随着印支期地槽的回返,产生强烈的褶皱断裂,形成白龙江复背斜,并伴随有岩浆岩(脉)侵入,同时产生区域变质作用。导致成矿物质从固相转为液相,进入变质热液,在有利部位形成金的矿(化)层位。此期为成矿物质进一步富集期。

### 5.3 印支—燕山期矿床形成阶段

印支—燕山期多次强烈的构造运动,使地层发生强烈褶皱,形成了白龙江复式背斜构造,与褶皱作用的同时形成 NW 向压性断裂及 NE 向张扭性断裂等,还伴随有比较微弱的中—酸性及基性岩浆活动。其结果,一方面使原岩成分发生变化,促使矿质活化、析出,形成含矿物质;另一方面使断裂带两侧的地热流值急剧上升,并加入下渗的雨水和地下水,产生一个循环式的热液系统,热液与溶滤出的围岩有益组分混合,致使热流体转变为含矿热卤水。因背斜轴部、断裂破碎带、裂隙、节理密集带压力场低,构成良好的导矿构造和储矿场所,当含矿热卤水运移到此处时,随着地球化学环境的改变(化学障),发生卸载。各元素依据各自的地球化学性状,在不同的部位沉淀、富集成矿,从而复背斜轴部出现 Au、U、Mo、Cu、Zn、Ni、Co 中低温热液组合的成矿带,北翼(桑坝沟—坪定)出现 Au、Hg、As、Sb 低温热液组合的成矿带。

印支期形成坪定砷金矿(214.1Ma 以后),印支—燕山期出现九源汞金矿(200.7 ~ 137.4 Ma),燕山期有拉尔玛金矿(127Ma 以后)。在大的成矿期内,又有几个成矿阶段:坪定砷金矿 3 个成矿阶段(石英—黄铁矿阶段、黄铁矿—雄、雌黄—石英阶段、地开石—雌黄—绿泥石阶段);拉尔玛金矿 4 个成矿阶段(绢云母—石英阶段、辉锑矿—黄铁矿—石英阶段、自然金—重晶石—辉锑矿阶段、地开石—水铝英石—重晶石阶段)。正是由于多阶段的热液叠加、富集,才形成工业矿体。

### 5.4 喜山期矿床剥蚀出露地表或近地表阶段

受喜山运动的影响,地壳抬升,发生强烈剥蚀作用,绝大部分矿体出露地表,使部分矿体氧化,并形成以 Au 为主的分散流晕、次生晕异常。其地表形成的地球化学特征如下:

(1) Au、Ag、As、Sb、Hg、Cu、Pb、Zn、Mo、Mn(Cr、Co、Ni、V)、Ba、U 在该类矿床稳定出现,其中最具指示意义的是 Au、Hg、As、Sb。地球化学条件不同,形成的地化异常元素组合也不同,主微量元素地位发生变异,如拉尔玛金矿床 U、Mo、Au、Hg、Zn、Ag、V、Ni 代表黑色岩系特征元素组合;九源金矿以 Au、Hg 为主;坪定金矿以 Au、As 为主。

(2) 在出现多元素综合异常前提下,主元素具浓度分带,有明显浓集中心。在白龙江上游形成的 Au 异常平均值为  $1.46 \times 10^{-9} \sim 2.5 \times 10^{-9}$ ,浓集中心峰值仅为  $13.4 \times 10^{-9} \sim 25.5 \times 10^{-9}$ ,即为低缓异常,而在中游形成的 Au 异常在  $12 \times 10^{-9}$  以上,浓集中心达  $78 \times 10^{-9} \sim 323 \times 10^{-9}$ 。

(3) 元素相关性,无论从水系、土壤及岩石介质中, Au、Hg、As、Sb 均有较显著的相关性,相关系数为 0.6 ~ 0.9。一方面说明其地化行为具继承性,另一方面反映了中、低温矿物的组合特征。

## 6 找矿标志

(1) 该类矿床形成于含炭的硅灰泥岩建造中,含炭的硅质岩、板岩及不纯灰岩、构造容矿岩石,成为建造及岩石组合标志。

(2)发育于复背斜轴部及北翼,受区域断裂带及次级层间破碎带的控制,广泛出露角砾岩带、碎裂岩带,并具有明显地貌标志。

(3)具有高孔隙度、相变频繁、成分复杂的岩石,有利于成矿。

(4)蚀变以硅化、金属硫化物矿化(黄铁矿化、辉锑矿化、雄、雌黄化)、碳酸盐化为主,重晶石化次之。

(5)沿断裂带侵位的浅成中酸性岩脉是本类矿床最主要的热动力标志之一。

(6)地球化学异常强度从水系样→土壤样→岩石样逐渐加强,为找金的直接地化标志。

### 参 考 文 献

- 1 谭光裕. 坪定神金矿床地质特征及成矿机制探讨. 甘肃地质学报, 1992(1)
- 2 刘家军, 郑明华. 拉尔玛硅岩型金-铜-铀建造矿床的海底喷流沉淀特征及找矿方向. 四川地质学报, 1992, 12(2)
- 3 郑明华, 刘家军. 西秦岭南亚热带金-铜-铀成矿带中硅岩的海底喷流沉积特征研究. 成都地质学院学报, 1993, 20(2)
- 4 刘家军, 郑明华. 拉尔玛层控金矿床中金的赋存状态研究. 黄金, 1994(11)
- 5 钱法荣, 周德安. 拉尔玛矿床的自然金研究. 铀矿地质, 1993, 9(3)
- 6 张凤岭. 西秦岭南亚热带地质构造演化模式讨论. 甘肃地质学报, 1993(1)

## AN APPROACH TO METALLOTECT AND METALLOGENETIC PATTERNS OF GOLD DEPOSITS ALONG THE MIDDLE UPPER REACHES OF BAILONGJIANG RIVER AREA

Li Tongguo Xie Jianqiang

(Geochemical Exploration Team, Bureau of Geology and  
Mineral Resources of Gansu Province Yongdeng 730300)

**Abstract** Microgranular disseminated gold deposits along the middle - upper reaches of Bailongjiang River area are the gold deposits that were controlled by both strata and structure. On the basis of study on the spatial distribution regularity of the deposits, the metalloTECTs, regional mineralization and geochemical features geological and geochemical metallogenetic patterns have been preliminarily established.

**Key words** The middle - upper reaches of Bailongjiang River area MetalloTECT Geochemical feature Metallogenetic pattern