

川西北地区金矿成矿条件

刘桂阁^{1,2}, 王思德¹, 陈勇敢², 常春郊²,
丛润祥², 张惠玉², 李艳秋², 朝银银²

(1. 东北大学 资源土木工程学院, 沈阳 110004; 2. 武警黄金地质研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要: 四川省西北部是我国岩金矿床分布的重点地区之一, 尤以微细浸染型金矿床为主。该区有刷经寺联合村、嘎拉、金木达等大中型与超大型金矿床, 显示出金矿成矿的良好前景。研究区处于古特提斯东缘的被动陆缘, 为稳定大陆边缘海湾或封闭的海湾浊流盆地环境。浊积岩沉积形成金的初步富集, 并在印支期发生低温动力变质, 成为微细浸染型金矿的主要矿源层。岩浆活动沿区内构造边缘破裂带发生, 形成构造岩浆岩带, 并与金及多金属成矿有着密切的关系。双向收缩的造山运动为金成矿提供了区域构造条件, 韧性剪切带控制了金矿的分布, 并为成矿提供了主要的热动力。

关键词: 川西北; 金矿床; 剪切带; 微细浸染; 找矿方向

中图分类号: P612; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2010)01-0005-07

1 大地构造与金成矿作用

川西北地区大地构造单元归属为泛扬子构造域中的西扬子大陆范畴, 松潘—甘孜印支造山带二级构造单元包括西秦岭印支构造带、巴颜喀拉印支构造带和义敦印支构造带三个组成部分^[1](图1)。由松潘—甘孜印支造山带、三江造山带和东昆仑—西秦岭造山带组成的古特提斯复合造山体于早石炭世与二叠纪开始俯冲^[2]; 三叠纪时, 从东往西逐步闭合, 从北往南分阶段造山; 燕山期^[3,4]造山带形成, 完成造山过程。该复合造山带挟持于华北、扬子和冈瓦纳地块之间, 受到三者的相互作用及制约。造山带经历了多期构造变形过程, 为金矿的成矿提供了有利的区域构造条件。

松潘—甘孜造山带经历了 SN 向和 EW 向的“双向”收缩造山作用, 形成的几何形态为倒三角形, 是一个典型的早中生代碰撞型造山带。其北侧以阿尼玛印支缝合带与劳亚板块相隔, 西侧以义敦弧碰撞带(甘孜—理塘、金沙江印支蛇绿岩带及义敦岛弧

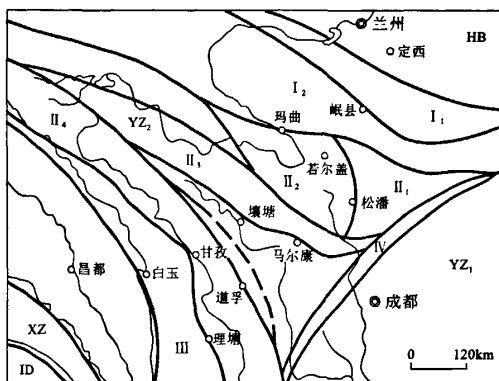


图1 川西北地区大地构造位置图^[1]

Fig. 1 Geotectonic map of the northwest Sichuan province
HB. 华北大陆; YZ₁. 东扬子大陆; YZ₂. 西扬子大陆; XZ. 西藏大陆; ID. 印度大陆(陆块) I₁. 西秦岭印支构造带; I₂. 北亚带; I₂. 南亚带; II. 巴颜喀拉印支构造带; II₁. 摩天岭亚带; II₂. 若尔盖亚带; II₃. 马尔康亚带; II₄. 雅江亚带; III. 义敦印支构造带; IV. 藏东滇西燕山期褶皱带

岩浆带)与羌塘—昌都板块毗邻, 东部以龙门山—锦

收稿日期: 2009-02-13

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(编号 1212010781013)资助。

作者简介: 刘桂阁(1971-), 男, 山东阳谷人, 高级工程师, 博士研究生, 主要从事黄金找矿研究。通信地址: 河北省廊坊市丰盛路 159 号 武警黄金地质研究所; 邮政编码: 065000; E-mail: liuguig@sina.com

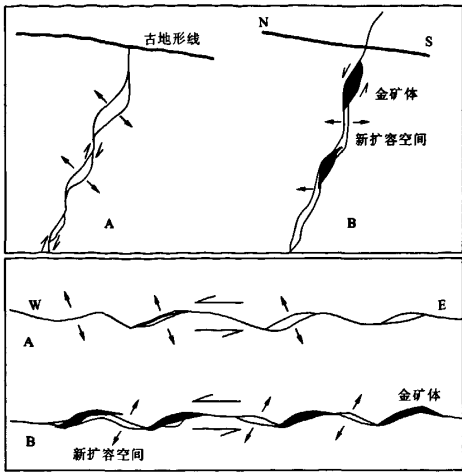


图 4 斜冲走滑剪切带倾角(走向波状变化)与成矿空间形成关系

Fig. 4 Spatial relation of oblique strike-slip shear zone dip angle (undulation in the strike direction) with mineralization

性密集裂隙带,其中压扭性裂隙带的分布范围广、延伸远,在构造破碎带内广为分布,总体展布方向与破碎带内的断裂方向一致;它主要控制了早期金的初始富集(矿化),且因后期氧化而均为红褐色层。

(3)在碎裂岩与构造透镜体接合部位富集成矿:二者的接合部位多为构造与岩性的界面,构造动力体制的转换导致构造物理化学场结构差异,形成不同构造物理化学界面,从而发生各种蚀变与矿化作用;岩石结构构造、物理性质或化学组分突变的不均一界面是成矿流体停积并发生矿质沉淀、富集的优选部位。壤塘含金剪切带内大部分矿体都是定位于石英闪长岩、闪长玢岩与板岩之间的断裂破碎带内,破碎

蚀变的岩脉是金矿的主要矿石类型,具有典型的界面控矿的特点。剪切带内的中性岩脉与板岩在结构构造、物理性质上具有明显的差别,在构造应力的作用下形成不同的变形产物。在同一应力场的作用下,中性岩脉强烈挤压破碎,形成宽度较大的连通弥散性空间,岩石破碎、岩石表面积大,形成构造蚀变岩型金矿石。而板岩塑性较强,岩石破碎程度较低,形成的破碎带宽度较窄,并且同时形成了两种赋矿空间(连续自由空间和连通弥散性空间),因而形成构造蚀变岩型和石英脉型两类矿石类型。石英脉宽度一般为 1~5 cm,长度一般为 10~100 cm,呈网状分布,通常石英细脉越发育越破碎金的品位也就越高。

3 地层与金成矿作用

区域地层主要为三叠系沉积岩。①新都桥组:深灰—黑灰色绢云母板岩、千枚岩、粉砂质板岩夹变砂岩;②侏倭组:以变质砂岩为主,与板岩呈不等厚韵律互层;夹粉晶—微晶灰岩、透镜状灰岩;③巴颜卡拉组:主要为砂岩夹板岩;④扎尕山组和杂谷脑组(并层):以变砂岩、板岩为主。浊积岩中具有典型的槽模构造和滑塌构造(图 6,图 7)。新都桥组是本区重要的含矿层位,多数金矿床都产于新都桥组地层中。

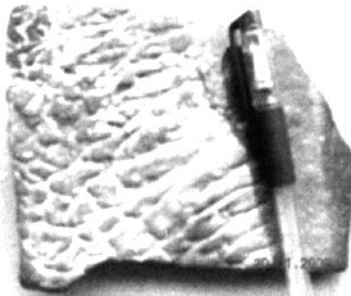


图 6 三叠纪地层中的槽模构造
Fig. 6 Flute cast structure in the Triassic strata

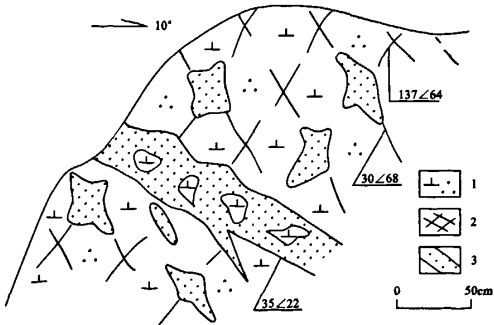


图 5 裂隙共轭控矿素描图

Fig. 5 Sketch showing the conjugate fracture control on ore
1. 石英闪长玢岩 2. 裂隙 3. 金矿体

3.1 金元素分布特征

川西北地区新都桥组中金的平均丰度 $w(\text{Au}) = 2.3 \times 10^{-9}$ [6]。与上部大陆地壳金的丰度 (1.8×10^{-9}) (Taylor, 1985) 相比,呈现富集特征。特别是在壤塘成矿带新都桥组中金的平均丰度 $w(\text{Au}) = 4.36 \times 10^{-9}$,富集系数达 2.42。其中板岩(泥岩)与砂岩金的平均丰度基本一致,分别为 4.02×10^{-9} 和 5.03×10^{-9} (据南木达地质图说明书,2001)。含矿带剪切带内新都桥组金的平均丰度值达 390×10^{-9} ,



图 7 三叠纪地层中的滑塌构造
Fig. 7 Slumping structure in the Tricassic strata

与矿化带外的背景值相比显示强烈的富集,为金的再次活化富集。由于沉积岩中的金呈硫化物或者呈吸附状态存在于粘土矿物、有机质或粘土矿物—有机质聚合物中,这些形式的金具有较大的活动能力,易于发生活化迁移;在后期构造—岩浆作用下,在有利构造部位形成矿体。壤塘地区新都桥组板岩中沉积成因的草莓状黄铁矿中 $w(\text{Au})=210\times10^{-6}\sim1\,570\times10^{-6}$,说明地层中的草莓状黄铁矿确实具有富集现象;而部分草莓状黄铁矿中金含量很低,反映其中所含金属易释放金。地层中含有草莓状黄铁矿,表明为还原环境,这种环境有利于金的富集。新都桥组具有

较高的金的背景值,且易于活化迁移,因此新都桥组应被视为该区金矿主要的矿源层之一。

3.2 岩石化学及微量元素特征

浊积岩的岩石地球化学特征常被广泛地应用于研究物源区类型和大地构造环境,从岩石化学特征来看(表 1)。各样品常量元素的平均值与 Talyor 和 McLennan(1985)的大陆上地壳成分相比,具有富 SiO_2 , ΣFeO 和 TiO_2 , 贫 MgO , Al_2O_3 , CaO , NaO , K_2O 和 MnO 的特点。Bhatian(1983)认为 $\text{Fe}_2\text{O}_3^* + \text{MgO}$, TiO_2 及 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})$ 是大地构造背景判别中最重要的判别参数。测区内 $\text{Fe}_2\text{O}_3^* + \text{MgO}$, TiO_2 及 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})$ 等特征值总体上看变化不大(表 2),与大陆岛弧环境的砂岩成分相近(表 3),反映杂谷脑组、侏倭组、新都桥组具有大致相同的物源区。应用 Bhatian(1986)的图解(图 8)在 $\text{La}-\text{Th}-\text{Sc}$ 图解中样品落在大陆岛弧以及活动大陆边缘+被动大陆边缘的结合部;在 $\text{Th}-\text{Co}-\text{Zr}$ 图解中,样品全部投入大陆岛弧区域;在 $\text{Th}-\text{Sc}-\text{Zr}/10$ 图解中部分样品投入大陆岛弧区的边缘部位,部分样品投入活动大陆边缘区。上述特征说明,本区三叠系浊积岩的物源区具有大陆岛弧及活动大陆边缘的构造背景。

表 1 砂岩的常量元素组成

Table 1 Normal element composition in sandstone

样品编号	地层单位	岩石名称	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	MnO	TiO_2	P_2O_5	CO_2	H_2O^+
RP25	新都桥组	砂岩	61.01	9.04	4.78	0.63	1.37	8.61	1.59	1.27	0.15	0.4	0.12	7.84	2.58
RP5		砂岩	73.06	11.97	3.57	0.97	0.79	0.73	3.37	1.55	0.06	0.76	0.16	0.31	2.47
RJ1		砂岩	69.16	12.4	0.96	4.12	1.69	2.64	2.28	1.9	0.09	0.58	0.14		
RJ2		砂岩	75.29	11.11	1.51	1.8	1.09	1.23	3.64	1.02	0.06	0.53	0.13		
GP67	侏倭组	砂岩	71.91	12.78	1.48	2.92	1.46	0.75	2.76	2.12	0.06	0.62	0.14	0.35	2.45
GP38		砂岩	67.45	13.9	1.59	4.08	1.96	1.28	2.4	2.27	0.04	0.66	0.16	0.84	3.15
GP18	杂古脑组	砂岩	73.27	12.02	1.49	2.27	1.2	1.04	3.24	1.87	0.05	0.57	0.14	0.52	2.11
GP2		砂岩	68.45	13.54	1.07	3.92	1.75	1.56	2.58	2.3	0.09	0.59	0.15	0.84	2.96

量的单位: $w_B/\%$ 。

表 2 砂岩化学组分的主要特征

Table 2 Characteristics of chemical composition of sandstone

地层单位	样号	$\text{Fe}_2\text{O}_3^* + \text{MgO}$	TiO_2	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$	$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}$
新都桥组	RJ27	4.4	0.53	0.15	0.28	2.28
	RJ12	6.77	0.58	0.18	0.77	2.42
	Rp5	5.33	0.76	0.16	0.46	2.92
	Rp25	6.78	0.4	0.15	0.8	0.89
侏倭组	Gp38	7.63	0.66	0.21	0.94	3.78
	Gp67	5.86	0.62	0.18	0.78	3.64
杂谷脑组	Gp18	4.96	0.57	0.16	0.58	2.81
	Gp2	6.74	0.59	0.20	0.89	3.27

表 3 不同构造环境的砂岩、杂砂岩的组分特征对比

Table 3 Comparison of chemical composition of sandstone occurring in various geological environments

构造环境	Fe ₂ O ₃ + MgO	TiO ₂	Al ₂ O ₃ /SiO ₂	K ₂ O/Na ₂ O	Al ₂ O ₃ /(CaO + Na ₂ O)
	w _B / %				
大洋岛弧	8~14	0.8~1.4	0.24~0.4	0.2~0.4	1~2
大陆岛弧	5~8	0.5~0.7	0.15~0.20	0.4~0.8	0.5~2.5
活动大陆边缘	2~5	0.25	0.10~0.20		
被动大陆边缘			变化较大		
本区浊积砂岩(8)	4.4~6.78	0.40~0.76	0.15~0.21	0.28~0.94	0.89~3.78
	6.06	0.59	0.17	0.69	2.75

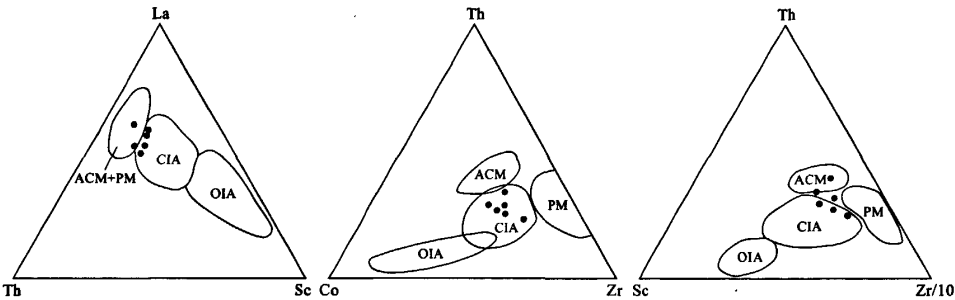


图 8 三叠纪地层 La-Th-Sc, Th-Co-Zr, Th-Sc-Zr/10 图解

(据 Bhatian, 1986)

Fig. 8 La-Th-Sc, Th-Co-Zr, Th-Sc-Zr/10 plot of Triassic strata

4 岩浆岩与金成矿作用

区域广泛发育印支期和燕山期中酸性侵入岩，与金矿关系密切的是燕山期中酸性侵入岩。在金木达—南木达断裂带内，以中性岩及酸性侵入岩为主。侵入体主要呈脉状侵位于三叠系，其空间展布方向

与区域构造线方向一致，呈近 EW 向展布。如侵位于含金剪切带中的脉体由于后期构造的破坏，多呈无根块体产出。岩脉的规模不大，一般在十几米至几十米之间。出露有闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩及相应的浅成—超浅成相岩石，在金木达附近还见有煌斑岩脉。不同岩石的 K-Ar 测年结果表明侵入体为燕山早—中期产物。

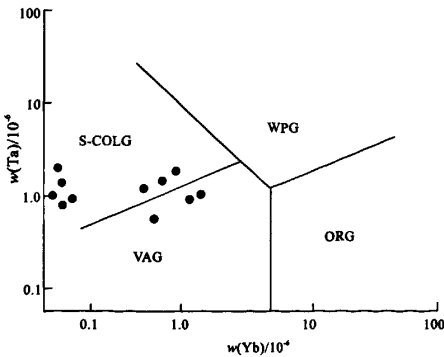


图 9 花岗岩类 Ta-Yb 图解

Fig. 9 Ta-Yb plot of granitoids

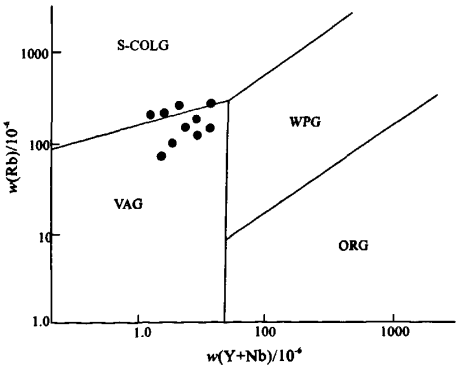


图 10 花岗岩类 Rb-(Y+Nb)图解

Fig. 10 Rb-(Y+Nb) plot of granitoids

中酸性侵入岩明显受控于区域构造,花岗岩类以“S”型为主,个别兼有混源特征,接触带围岩未见岩浆期挤压变形,微量元素特征显示同碰撞花岗岩的特征(图9,图10);接触面一般呈微波状,总体与围岩面理平行;接触带围岩无明显热接触变质现象;岩体内部亦无其他蚀变及细粒化现象;显示岩脉侵位时处于较为开放环境,热力散失较快,属典型被动就位。因而本区侵入岩类为松潘—甘孜造山带大规模SN向挤压机制下,滑脱—推覆使地壳增厚,剪切生热并部分形成源岩浆,经分异演化沿断层上侵形成,属与本区主体构造同期形成的同构造环境产物。剪切生热是本区金矿成矿的主要热源,中酸性侵入岩脉对构造分布起到明显的指示作用。

5 区域金矿成矿规律

本区主要产出受剪切带控制的微细浸染型金矿床,金矿床及其成矿带的空间展布受区域性大断裂的控制,从区域成矿地质背景及控矿因素来看,构造对金成矿的控制作用非常重要。金矿产出于韧性剪切带中,赋矿主岩主要为碎屑岩和碳酸盐岩,有一套中低温的矿物共生和Au, Ag, As, Sb, Tl等低温元素组合,金的粒度多为次显微—显微级,属中低温热液矿床。该类型矿床的围岩蚀变一般较弱,与中酸性的岩体(脉)关系密切。本区的围岩蚀变类型主要有硅化、绢云母化、高岭土化。

综合上述,本区微细浸染型金矿具有受地层、构造和岩浆岩“三位一体”联合控矿的成矿模式:①新都桥组形成于大洋或裂谷火山岩盆地及复理石盆地环境,是本区金矿主要的矿源层,为金矿的形成提供了大量成矿元素;②燕山期中酸性岩脉与金矿成矿关系密切,中酸性岩脉具同碰撞花岗岩特征,同时可以标示断裂的分布;③区内大型韧性剪切带控制岩浆岩和微细浸染型金矿(带)的分布,金矿床(体)主要形成于断裂产状变化部位、两组断裂的交汇部位、构造裂隙(共轭节理)与构造透镜的接合部位;④构

造—岩浆活动提供了成矿的热动力来源,剪切生热是本区金矿成矿的主要热源。

参考文献:

- [1] 张均,吕新彪,杨逢清,等. 川西北金矿地质和成矿预测[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [2] 许志琴,候立玮,王宗秀,等. 中国松潘—甘孜造山带的造山过程[M]. 北京:地质出版社,1992.
- [3] 杨森楠,周国藩. 亚洲东部大陆边缘的构造扩张和地球动力环境[J]. 地质科技情报, 1992, 11(1): 14-20.
- [4] 杨恒书,王全伟,梁斌,等. 西扬子大陆构造深化及成矿[M]. 地球科学, 1999, 24(增刊): 109-114.
- [5] 许志琴,张建新,徐惠芬,等. 中国主要大陆山链韧性剪切带及动力学[M]. 北京:地质出版社,1997.
- [6] 李小壮. 川西北地区浅成低温热液金矿系列的矿床类型与分布规律[J]. 四川地质学报, 1996, 16(2): 135-141.
- [7] 毛裕年. 川甘陕“金三角”成矿区微细浸染型金矿的主要成矿特征[J]. 四川地质学报, 1992, 12: 36-42.
- [8] 陈衍景,张静,张复新,等. 西秦岭卡林一类卡林型金矿床及其成矿时间、构造背景和模式[J]. 地质论评, 2004, (2): 134-152.
- [9] 王可勇. 我国微细浸染型金矿床的形成条件及成矿作用特征[J]. 贵金属地质, 2000, 9: 160-165.
- [10] 张均,张晓军,廖群安. 川西北地区金成矿的构造—岩浆控制[J]. 黄金, 2000, (6): 1-5.
- [11] 毛景文. 西秦岭地区造山型与卡林型金矿床[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2001, (1): 11-13.
- [12] 马建文. 利用ETM数据快速提取含矿蚀变带方法研究[J]. 遥感学报, 1997, 1(3): 208-213.
- [13] 陆关祥,周鼎武,王居里,等. 遥感图像上韧性剪切带的信息提取及解译标志[J]. 地质科学, 2005, 40(3): 421-428.
- [14] 杜子图,吴淦国,王义强. 微细浸染型金矿的构造动力成矿作用研究——以西秦岭巴西金矿为例[J]. 现代地质, 1998, (1): 75-82.
- [15] 马建文,赵忠明,布和散斯尔. 遥感数据模型与处理方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,2001.
- [16] 杨波,吴德文,陈云浩. 矿化信息提取的混合蚀变遥感模型——以鹰嘴山金矿区为例[J]. 国土资源遥感, 2005, (1): 20-25.
- [17] 张国伟,孟庆仁,于在平,等. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征[J]. 中国科学(D), 1996, (3): 193-200.

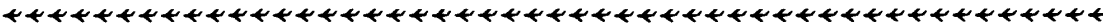
METOLLOGENIC CONDITIONS FOR GOLD DEPOSITS IN THE NORTHWEST SICHUAN PROVINCE

LIU Gui-ge^{1,2}, WANG En-de¹, CHEN Yong-gan², CHANG Chun-jiao²,
CONG Run-xiang², ZHANG Hui-yu², LI Yan-qiu², CHAO Yin-yin²

- (1. *College of resources and civil engineering of The Northeast University, Shenyang 110004 China;*
- 2. *Gold Geological Institute of the Chinese Armed Police Force, Langfang 065000, Hebei, China*)

Abstract: The northwest Sichuan province is one of the key regions where the primary gold deposits dominated by the micro-disseminated type of gold deposit are concentrated, such as the large and medium sized micro-disseminated gold deposits at Lianhe Cun, Gala, Jinmuda etc. and the metallogenic conditions for primary gold deposits is prospective. The study area is situated at the passive continental margin of the east Palaeo-Tethys margin. Here is the stable continent-marginal bay or close bay turbulent basin sedimentary environment. Gold is primarily enriched in the turbidite which was exposed to low temperature dynamic metamorphism during Indo-China period and becomes the source bed of the micro-disseminated gold deposits and magmatism occurs at the marginal cataclastic zones as tectonic-magmatic zones and is associated with gold and poly-metal ore. The tectonic movement supply heat source for formation of the gold deposits. The gold deposits were formed under the bi-directional shrinked orogenic background and controlled by the brittle-ductile shear zones. Remote sensing techniques are combined with geochemical survey for location of the gold ore prospecting targets.

Key Words: the northwest Sichuan province; gold deposit; shear zone; micro-dissemination; ore-prospecting direction



(上接第 4 页)

STATISTIC PREDICTION FOR GOLD ORE PROSPECTING IN CHINA

BAI Wan-cheng, DONG Jian-le

(Gold Headquarters of the Chinese Armed police Force, Beijing, 100055, China)

Abstract: Based on data base of the regional geochemical and geological survey degree, digital geological map at scale 1 : 2 500 000, the deposit predicting information system (DPIS) is used to classify gold metallogical provinces in China and seven provinces are divided with the statistical modals, main gold ore prospecting criteria established and a sound foundation is laid for the potential gold resources assessment of the whole China.

Key Words: China; gold ore; the gold ore predition