北山中南带海西-印支期岩浆活动与金的成矿作用

聂凤军¹) 江思宏¹) 白大明¹) 张 义¹) 赵月明²) 王新亮²)

(1)中国地质科学院矿产资源研究所,北京,1000372)内蒙古地质调查院,内蒙古呼和浩特,010020)

摘要 北山中南带地处哈萨克斯坦和塔里木板块交汇处 区内深大断裂纵横交错,各类海西期-印支期岩浆岩发育,金矿床 (点)星罗棋布,是中国西北地区最重要的金成矿带之一。该区金矿床(点)大体可划分为:①火山岩型;②侵入岩型;③夕卡岩型;④变质岩型;⑤沉积岩型。尽管各类金矿床(点)的容矿围岩不同,但均与海西期或印支期火成岩具密切的时空分布关系。 受海西期和印支期各板块空间分布位置、运动机制和构造应力变化的影响,强烈的构造-岩浆活动不仅可形成大面积分布的高 钾钙-碱性火成岩,而且导致贵重金属元素'爆发式'堆积。研究结果表明,各金矿床(点)成矿流体大都是深源岩浆流体与大气 降水相混合的产物,属混源型中温热液金矿床(点)。

关键词 金矿床 成矿作用 岩浆活动 海西-印支期 北山中南带

Hercynian-Indosinian Magmatic Activities and Gold Metallogeny in Central and Southern Beishan Region , Northwest China

NIE Fengjun¹) JIANG Sihong¹) BAI Daming¹) ZHANG Yi¹) ZHAO Yueming²) WANG Xinliang²) (1)Institute of Mineral Resources ,CAGS ,Beijing ,100037 2)Inner Mongolian Geological Survey ,Hohhot ,Inner Mongolia 010020)

Abstract The central and southern Beishan region located at the convergence area of the Kazakhstan and Tarim plates is one of the most important gold metallogenic provinces in northwest China. Gold deposits and spots are widely distributed in this area. Up till now about 38 deposits and ore spots have been identified. Among them, the most important ones include Xiaoxigong, Xiaowannanshan, Xin-Lao Jinchang, Shijinpo, Jinwozi, No. 210, Huaniushan, Huaxishan and Nanquan. These gold deposits and spots can be classified into 5 groups according to their host rocks. They are ① hosted by volcanic and volcaniclastic rocks, ② hosted by or related to granitoid intrusions (3) of skarn type, (4) hosted by Precambrain schists and (5) hosted by sedimentary rocks, respectively. Moreover, three mineralization concentration camps have been outlined : 1 Xiaoxigong-Xiaowannanshan camp, 2 Xin Jinchang-Huaniushan-Jinchanggou camp and ③ Jinwozi-210 camp. Among the three camps, the first one occurs within the ancient Mazongshan uplift whereas the other two are located along the active margin of the ancient continent. Systematic geological investigations indicate that the wall rocks of these gold deposits vary from place to place , but most of them show an intimate relation with the granitoid intrusions or Paleozoic felsic volcanic rocks. The forming processes of the gold deposits and spots are genetically related to Hercynian or Indosinian magmatic activities. The tectonic movement and the emplacement or eruption of the granitoid magma may result in the ascent and unloading of the deep-seated ore fluids. The combined sulfur oxygen ,hydrogen and lead isotope data and petrological observations indicate that most of the gold deposits were formed by the mixing of magmatic fluids with heated meteoric water. These deposits are, therefore, believed to be products of Hercynian or Indosinian magmatism related to collision of the Kazakhstan and Tarim plates. Key words gold deposit gold metallogeny magmatic activities Hercynian-Indosinian central-southern Beishan region

北山中南带位于内蒙古最西部,甘肃西北部和 新疆东部地区,属内蒙古额济纳旗、甘肃金塔县、安 西县和肃北县及新疆哈密市管辖。从大地构造位置 上看,该区地处塔里木和哈萨克斯坦板块汇聚地带, 前寒武系和古生界地层出露广泛,深大断裂纵横交 错,各类岩浆岩十分发育、金属矿床(点)星罗棋布, 是中国西北地区最重要的金成矿带之一(聂凤军等, 2000 2002 ;崔惠文等,1996)。北山中南带的黄金开 采历史始于明清年间,研究区范围内遗留下千余处 古采硐和矿坑。据不完全统计,该区现有中型金矿 床6处,小型金矿床和矿化点32处(聂凤军等, 2002),代表性矿床有新金厂、老金厂、小西弓、拾金

本文为国家自然科学基金项目(40073015)和地质调查项目(K1.3.32)部分研究成果。

改回日期 2002-7-8 ,责任编辑 :宫月萱。

第一作者 涡床变如6 年生,男 研究员,主要从事岩石学和矿床地球化学研究,E-mail Infji@mx.cei.gov.cn。

坡、210 和金窝子金矿床。从矿床地质和地球化学 特征上看,上述矿床(点)是一批典型的与海西期或 印支期偏碱性岩浆活动有关的金矿床(点)。

1 成矿地质环境

北山中南带地处哈萨克斯坦板块的东延部分 (简称为哈北板块)与塔里木板块东北缘的交接地 带。哈北板块自北向南大体可划分为3部分,即北 部陆缘活动带、马鬃山中间地块和南部陆缘活动带 (聂凤军等,2002;刘雪亚等,1995),北部陆缘活动带 由红石山-黑鹰山地体和公婆泉-月牙山地体组成, 出露的地层主要为奥陶系、志留系碎屑岩和石炭系 中酸性火山岩,局部地段分布有蛇绿岩。马鬃山中 间地块是哈北板块的主体,基底岩层主要为长城系 白湖群、蓟县系平头山群和青白口系大豁落山群变 质沉积岩,其上不整合覆盖有古生代火山-沉积岩。 南部陆缘活动带由花牛山地体和柳园-大奇山地体 所组成,出露的地层主要为奥陶系-泥盆系和石炭-二叠系海陆交互相沉积岩和中酸性火山岩,其内见 有不连续分布的蛇绿岩体。与哈北板块相比,塔里 木板块主要由安北-旧寺墩构造带和敦煌地块组成 (图1;刘雪亚等,1995),安北-旧寺墩构造带分布在 旧寺墩、老君庙、石板墩和古玉门关一带,主要由古 元古代"北山变质杂岩(片岩、片麻岩和角闪岩)和 石炭系中酸性火山岩组成。敦煌地块主要由太古宙 和元古界斜长角闪岩、片麻岩、片岩、混合岩和大理 岩组成(甘肃省地质矿产局,1989)。

区内不同规模和各种走向的断裂构造极为发 育,它们不仅是各地体和构造-地层单元的划分界 线,同时,也是岩浆和含矿流体上侵运移的重要通 道。中南带地区不同类型和各种规模的花岗岩类侵 入岩分布广泛,以海西期和印支期花岗岩类侵入岩 最发育,并且同金矿床(点)具密切的时空分布关系 (表1)。



图 1 北山中南带金矿床(点)分布图(据刘雪亚等,1995资料改编)

Fig. 1 Simplified geological map of the Central-Southern Parts of the Beishan Region

showing the location of the major gold deposits (after Liu Xueya et al., 1995)

A-金窝子-210 区 ß-新金厂-花牛山-金厂沟区 ;c-小西弓-小宛南山区 ;哈萨克斯坦板块(I):1-红石山-黑鹰山地体(I);2-公婆泉-月牙山地体 (I₂);3-马鬃山中间地块(I₃);4-花牛山地体(I₄);5-柳园-大奇山地体(I₅);塔里木板块(II):6-安北-旧寺墩构造带(II₁);7-敦煌地块(II₂)&-祁连 山古生代褶皱带(III)9-华北板块(IV);10-古生代蛇绿岩套;11-前长城纪变质岩地块;12-早古生代板块俯冲带;13-晚古生代板块碰撞带;14-地体边界;15-走滑断层;16-逆冲断层;17-金矿化集中区;18-金矿床或点;19-代表性山脉;20-城、镇;①-明水-石板井-小黄山断裂;②-红柳河-月 牙山断裂;③-黑山-碱泉子断裂;④-龙山-金厂沟断裂;⑤-柳园-大奇山断裂;⑥-安北-桥湾断裂;⑦-阿尔金断裂;火山岩型金矿床(点):1-新金 厂 2-老金厂;3-北金;4-210,侵入岩型金矿床(点);5-金窝子 5-拾金坡;7-金厂沟 8-龙山 9-金沟井;10-磨金洞;夕卡岩型金矿床(点):11-花牛 山;12-花西山;变质岩为容矿围岩金矿床(点):13-小西弓;14-小宛南山;15-老硐沟;沉积岩为容矿围岩金矿床(点):16-南泉

A-Jinwozi-210 ß-Xinjinchang-Huanushan-Jinchanggou & Xiaoxigong-Xiaowannanshan ; Kazakhstanian plate (I):1-Hongshishan-Heiyingshan terrane (I_1):2-Gongpoquan-Yueyashan terrane (I_2);3-Mazongshan terrane (I_3);4-Huaniushan terrane (I_4);5-Liuyuan-Daqishan terrane (I_5);Tarim plate (II):6-Anbei-Jiushidun tectonic bel (I_1);7-Dunhuang terrane (I_2):8-Paleozoic fold belt of Qilianshar (III):9-North China plate (IV);10-Paleozoic ophiolite suite ;11-Metamorphic block of the Pre-Changcheng system ;12-Early zoic subduction zone ;13-Late Paleozoic suture ;14-terrane boundary ; 15-strike-slip fault ;16-thrust ;17-gold mineralization concentration camp ;18-gold deposit or prospect ;19-representative mountain range ;20-city or town. \bigcirc -Mingshui-Shibanjing-Xiaohuangshan fault ; \bigcirc -Aerjin fault ;Hosted by volcanic and volcaniclastic rocks : 1-Xinjinchang ;2-Laojinchang ;3-Beijin ;4-210 ;Hosted by or related to granitoid intrusions 5-Jinwozi ;6-Shijinpo ;7-Jinchanggou &-Longshan 9-Jingoujing ;10-Mojindong Skarn :11-Huaniushan ;

万方数据^{12-Huaxishan};Hosted by Precam-brain metamorphic rocks :13-Xiaoxigong ;14-Xiaowannan-shan;

15-Laodonggou ;Hosted by sedimentary rocks :16-Nanquan

表 1 北山中南带代表性金矿床(点)基本地质特征

 Table 1
 Basic geological features of the representative gold deposits in the Central – Southern Parts of the Beishan Region

矿床名称	构造环境	赋矿围岩	侵入岩	矿体特征/矿石产状	金属矿物	热液蚀变	变形	规模/现状; 品位/×10 ⁻⁶	资料来源		
—————————————————————————————————————											
1. 安西县 新金厂	哈东板块柳园-大奇 山地体南缘裂陷带	哲斯群安山岩、英安 岩和流纹岩(P ₁)及 辉绿岩脉(Her)	花岗岩、辉绿岩和辉 长岩脉(或株)(Her)	49 个透镜状和板状 矿体/石英大脉、网 脉和 细脉	黄铁矿、方铅矿、毒 砂、磁铁矿、自然金 和银金矿	硅化、绢云母化、绿 泥石化和 碳酸盐化	弱-中	中型/开采;2-8,平 均6,最高120	司雪峰等 (2000)		
2. 安西县 老金厂	哈东板块柳园-大奇 山地体南缘裂陷带	哲斯群碱性玄武岩、 安山岩、英安岩和流 纹岩(P ₁)	花岗岩、辉绿岩和辉 长岩脉(Her)	17个透镜状与脉状 矿体/石英大脉、细 脉和网脉	黄铁矿、方铅矿、闪 锌矿、毒砂、自然金 和银金矿	硅化、碳酸盐化和绿 泥石化	弱-中	中型/开采;1.4~6. 8,平均5,最高136	司雪峰等 (2000)		
3. 安西县 北金	哈东板块柳园-大奇 山地体南缘裂陷带	哲斯群英安质、流纹 质碎屑岩和凝灰质 泥板岩(P ₁)	辉绿岩脉(Her)	14 个扁豆状和透镜 状矿体/石英细脉和 蚀变岩	黄铁矿、毒砂、闪锌 矿、黄铜矿和自然金	硅化、绢云母化、碳 酸盐化和绿泥石化	弱-中	小型/开采;2-6,平 均 3,最高 46	司雪峰等 (2000)		
4. 哈密市 210	哈东板块马鬃山中 间地块	金窝子组凝灰质粉 砂岩、碳质页岩和沉 凝灰岩(D ₃)	花岗岩、辉长岩和辉 绿 岩 株 (或 脉) (Her)	21 个透镜状和似层 状矿体/石英大脉、 细脉和网脉	黄铁矿、白钨矿、方 铅矿、闪锌矿、自然 金和银金矿	硅化、绢云母化和碳 酸盐化	强烈破 碎	中型/开采; 3 - 10, 平均 6,最高 22	钱道全 (1998)		
二、深成侵入岩型金矿床											
5. 哈密市 金窝子	哈东板块马鬃山中 间地块	花岗闪长岩(Her)侵 位于金窝子组凝灰 质粉砂岩和页岩 (D ₃)	花岗闪长岩(362 - 358 Ma)←	200 余条脉体/石英 大脉、细脉和网脉	黄铁矿、方铅矿、闪 锌矿、黄铜矿、毒砂 和银金矿	硅化、组云母化、绿 泥石化和碳酸盐化	中-强	中型/开采;3 - 12, 平均 4,最高 262	陈富文等 (1999); 席小平 (1997)		
6. 安 西 县 拾金坡	哈东板块花牛山地 体	二长花岗岩和石英 闪长岩(350 ± 17 Ma)↑	辉绿岩脉(341±6 Ma;352±5 Ma)↑	70 余 条 脉 体 /石 英 细脉和蚀变岩	黄铁矿、方铅矿、闪 锌矿、黄铜矿、白然 金和银金矿	硅化、钠长石化、绢 云母化、碳酸盐化	弱	中型/开采;3-8,平 均5,最高47	司雪峰等 (2000); 田永志 (1993)		
7. 肃北县 金厂沟	哈东板块花牛山地 体	红柳园组和方山口 组凝灰质板岩和安 山质凝灰岩(C-P)及 花岗岩(Her)	闪长岩、花岗岩和钾 长花岗岩(284±3 Ma)↑	204 个透镜状和脉 状矿体/石英脉和蚀 变岩	黄铁矿、方铅矿、闪 锌矿、毒砂、黄铜矿、 辉钼矿和自然金	硅化、绢云母化和碳 酸盐化	弱-中	小型/开采;2-16, 平均6,最高128	崔惠文等 (1996)		
8. 安 西 县 龙山	哈东板块花牛山地 体	海西期石英闪长岩 侵位于长英片岩和 绿片岩地层(O)	花岗岩、闪长岩、辉 绿岩和钠长斑岩 (IS)	似层状、透镜状和脉 状矿体/石英脉、细 脉、网脉和蚀变岩	黄铁矿、磁铁矿、方 铅矿、黄铜矿和自然 金	硅化、绢云母化、绿 泥石化、碳酸盐化	中-强	小型/开采;1.5-3, 平均2.5,最高18	司雪峰等(2000)		
9. 安 西 县 金沟井	哈东板块花牛山地 体	海西期石英闪长岩 侵位于火山-沉积岩 地层(O-S)	辉石岩、闪长玢岩和 花岗岩(Her)	两个矿带和数十处 矿体/石英脉和蚀变 岩	黄铁矿、方铅矿、闪 锌矿、毒砂和自然金	硅化、绿泥石化、绢 云母化和碳酸盐化	弱-中	小型/开采;4-15, 平均9,最高89	重惠文等(1996)		

1

第5期

417

续表1

									37,47,1	
矿床名称	构造环境	赋矿围岩	侵人岩	矿体特征/矿石产状	金属矿物	热液蚀变	变形	规模/现状; 品位/×10 ⁻⁶	资料来源	
10.安西县 磨金洞	哈东板块花牛山地 体	海西期花岗岩侵位 于花牛山组石英片 岩(O)	闪长玢岩和花岗岩 类岩脉(Her)	7 条脉体/石英脉和 蚀变岩	黄铁矿、方铅矿、辉 铜矿、自然金	硅化、绢云母化和碳 酸盐化	弱-中	小型/开采;1-4,平 均3,最高35	聂凤军等 (2000)	
11. 安西县 花牛山	哈东板块花牛山地 体陆缘裂陷带	花岗岩和辉橄岩体 (Her) 侵位于千枚 岩、板岩和大理岩 (O)	辉绿岩脉和辉长岩 脉(341±6 Ma)↔	31 个透镜状和扁豆 状矿体/夕卡岩、石 英脉和碎裂岩	黄铁矿、毒砂、磁黄 铁矿、方铅矿、白钨 矿和自然金	硅化、绢云母化、蛇 纹石化和碳酸盐化	弱-中	中型/开采; 5.8 - 8.9,平均 7,最高 326	明承里 (1991)	
12. 安西县 花西山	哈东板块花牛山地 体陆缘裂陷带	海西期花岗岩闪长 岩株侵位于粉砂岩 和大理岩(O)	辉绿岩脉和辉长岩 脉(Her)	9 个脉状和扁豆状 矿体/夕卡岩、石英 脉和碎裂岩	黄铁矿、毒砂、磁黄 铁矿、方铅矿和自然 金	硅化、绢云母化、蛇 纹石化、碳酸盐化	弱-中	小型/开采; 2 - 10, 平均 5,最高 77	聂凤军等 (2000)	
四、变质岩型金矿床										
13. 肃北县 小西弓	敦煌地块安北-旧寺 墩构造带	西尖山群长英质片 岩、硅质岩、板岩和 斜长角闪岩(Pt)	石英闪长岩和花岗 岩 以 及 辉 长 岩 脉 (Her)	3 个矿带和 22 个矿 体/石英脉和蚀变碎 裂岩	黄铁矿、方铅矿、闪 锌矿、磁黄铁矿、毒 砂和自然金	硅化、绢云母化、绿 泥石化 和碳酸岩化	强烈破 碎	中/开采:2-5,平均 3,最高 234	崔惠文等 (1996)	
14. 安西县 小宛南山	敦煌地块北缘小宛 南山复向斜	敦煌群绿片岩,长英 质 片 岩 和 糜 棱 岩 (Ar)	花岗岩,辉长岩和辉 绿岩脉(Her)	板状、透镜状、脉状 矿体/蚀变岩和石英 脉	黄铁矿、黄铜矿、自 然金和闪锌矿	硅化、钠长石化、绢 云母化和 碳酸盐化	强烈破 碎	小型/开采;2-12, 平均4,最高185	崔惠文等 (1996)	
15. 额济纳 旗老硐沟	哈东板块马鬃山地 体东北边缘	钙质泥板岩、白云质 大理岩、结晶灰岩和 砂卡岩(Pt)	二长花岗岩和花岗 闪长岩及辉绿岩脉 (Her)	巢状、透镜体状、扁 豆体/脉状(土状、蜂 窝状和块状)	毒砂、黄铁矿、方铅 矿、闪锌矿、臭葱石、 自然金、自然银和角 银矿	黑云母化、绿泥石 化、绢云母化和硅化	强烈破 碎	中型/开采;金3.3- 59,平均 10;银 17- 464,平均 161	黄典豪等 (1997)	
16. 安西县 南泉银-金 矿床	哈东板块柳园-大奇 山地体陆缘裂陷带	寒武系双鹰山组板 岩、结晶灰岩和凝灰 质砂岩	辉绿岩脉和花岗岩 岩基(Her)	10个透镜状银-金矿 体/石英细脉和蚀变 岩	黄铁矿、毒砂、闪锌 矿、菱锰矿、自然金 和自然银	硅化、绢云母化和碳 酸盐化	中-强	小型/开采;Ag,25 - 150, 最高 800;Au 2 -6,最高 56	司雪峰等 (2000)	

万方数据

诺 英 小

418

字版

2003 年

注:Ar-太古宙;C-P-石炭-二叠纪;D₃-晚泥盆世;Her-海西期;IS-印支期;O-奥陶纪;O-S-奥陶-志留纪;P₁-早二叠世;Pt-元古宙;Ar-太古宙;←-锆石 U-Pb 法;↑-全岩 Rb-Sr 法

2 金矿床时空分布特征与类型划分

该区的金矿床(点)以分布广泛、类型繁多、围岩 多样和成矿时代相对集中为特点。据不完全统计, 在所有38处金矿床(点)中,产在富碱花岗岩类侵入 岩内的金矿床(点)为16处约占该区金矿床(点)数 的42%,溶矿围岩为火山岩和火山碎屑岩的金矿床 (点)共计12处约占金矿床(点)总数的32%(聂凤 军等2002)。此外,亦可见夕卡岩型、变质岩和沉积 岩为容矿围岩金矿床(点)。根据容矿围岩岩性和成 矿作用特征,金矿床(点)大体可划分为:火山岩型、 侵入岩型、夕卡岩型、变质岩型和沉积岩型。

该区金矿床(点)多呈群(或带)在一个有限的空间范围内产出,各矿床(点)群(或带)彼此相连,进而 形成一个规模更大的矿化集中区(图1)。从产出环 境来看,这些矿床(点)分别属于3个矿化集中区,即 金窝子-210区、新金厂-花牛山-金厂沟区和小西弓-小宛南山区(图1)。

3 金矿床主要地质与地球化学特征

3.1 火山岩型金矿床(点)

此类金矿床(点)的容矿围岩主要为晚古生代 钙-碱性中酸性火山岩或火山碎屑岩,局部地段见有 沉积岩。金矿化多呈脉状、网脉状或细脉浸染状产 出,并受深大断裂旁侧的次级裂隙带或构造破碎带 控制,代表性矿床有210、北金、老金厂和新金厂金 矿床(司雪峰等,2000)。

矿体多呈板状,脉状和透镜状分布,规模较大, 单个矿体长度变化范围为100~800 m,宽2~32 m, 倾斜延伸200~400 m。

围岩热液蚀变类型取决于其原岩岩性,长英质 火山岩多为硅化、绢云母化和钾长石化。镁铁质火 山岩常为绿泥石化、绢云母化、绿帘石化、碳酸盐化 和黄铁矿化。

矿石金属矿物主要有黄铁矿,次为毒砂、黄铜 矿、方铅矿和闪锌矿,偶见磁黄铁矿和磁铁矿。金银 矿物主要有自然金、银金矿、自然银和角银矿。脉石 矿物以石英为主,绢云母、绿泥石和方解石次之,偶 见高岭石、斜长石、重晶石、明矾石和绿帘石。矿石 中Au含量变化范围为(2~8)×10⁻⁶,平均为5× 10⁻⁶,最高为136×10⁻⁶。

3.2 侵入岩型金矿床(点)

金矿化多呈脉状、网脉状或细脉浸染状在海西 期或印支期富碱花岗岩类深成侵入岩体内产出,代 表性矿床为金窝子、拾金坡和磨金洞金矿床(席小 平,1997;田永志,1993)。

含金石英脉星群或带产出,以尖灭再现、分支复

合和相互交错为特征,其分布形态往往受构造破碎 带控制,矿体规模大小和品位高低与蚀变破碎带的 发育程度有关,矿体多为薄板状、脉状或扁豆体状, 长数十米至数百米,厚度多为1~2 m。

围岩蚀变主要为黄铁绢英岩化或硅化,其次为 绿泥石化和碳酸盐化。蚀变带规模较小,宽度仅有 几厘米至几十厘米,个别达1~2m,个别矿床(点) 的旁侧发育有钠长石化和青盘岩化。

矿石中金属矿物主要为黄铁矿,次为黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿和毒砂;金银矿物主要有自然 金和银金矿,脉石矿物以石英为主,见有绢云母、重 晶石、绿泥石和方解石。金含量变化范围(1.5~ 16)×10⁻⁶,平均为4×10⁻⁶,最高为262×10⁻⁶。

3.3 夕卡岩型金矿床(点)

金矿化大都沿花岗岩类侵入岩与古生代碳酸盐 围岩接触带分布,容矿围岩大都是透辉石夕卡岩、石 榴子石夕卡岩和绿泥石-绿帘石夕卡岩,侵入岩多为 海西期或印支期花岗岩类岩株或岩枝,代表性矿床 有花牛山和花西山金矿床(明承里,1991)。

金矿体呈透镜体状、扁豆体状或囊状分布,其分 布形态主要受接触带产状控制。尽管许多金矿体的 规模不大,但是品位极高。此外,金矿化常与铁、铜、 铅、锌和银矿化伴生,进而构成含金多金属矿体。

围岩热液蚀变主要有角岩化、硅化、透辉石化、 石榴石化、绿泥石化、绿帘石化和黄铁矿化,金矿体 常位于蚀变带中心部位。

矿石中的金属矿物组合为磁黄铁矿、磁铁矿、黄 铁矿、毒砂、白铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉钼 矿、黑钨矿和白钨矿,金矿物为自然金和银金矿。脉 石矿物为透辉石、石榴子石、绿帘石、阳起石、透闪 石、黑云母、绢云母、萤石和石英。金含量变化范围 $(2~10) \times 10^{-6}$,平均为 6×10^{-6} ,最高为 326×10^{-6} 。

3.4 变质岩为主岩金矿床(点)

金矿化呈脉状、网脉状和细脉浸染状在前寒武 系各类长英片岩内产出,金矿床(点)旁侧或深部大 多产出有海西期或印支期花岗岩类岩基、岩株、岩枝 或岩脉,代表性矿床有小西弓、小宛南山和老硐沟金 矿床(黄典豪等,1997, 湛惠文等,1996)。

矿体的空间分布形态受不同规模构造破碎带控制,并以规模较大和品位低为特点。含金构造蚀变 岩带的长度为数百米至几千米,宽几米至几十米,矿 体规模与破碎带的发育程度呈正相关关系。

围岩热液蚀变类型主要有:①部分金矿床发育 黄铁绢英岩化,如小西弓金矿床、②部分矿床的近矿 围岩中发育有钠长石化,如小宛南山金矿床。

矿石中的金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、

闪锌矿和磁铁矿。金银矿物为自然金和银金矿。脉 石矿物有石英、绢云母、绿泥石、方解石和钠长石。 矿石中金含量变化范围为(2~12)×10⁻⁶,平均值 3.5×10⁻⁶,最高值234×10⁻⁶。

3.5 沉积岩为容矿围岩金矿床

金矿化大都呈浸染状和细脉状在早古生代碳质 板岩、钙泥质板岩、泥灰岩和结晶灰岩中产出,并且 受构造破碎带或角砾岩带控制,代表性矿床为南泉 银金矿床(司雪峰等,2000)。

金矿化带长1100~2200 m,宽几十米至百余 米,矿体呈脉状和透镜体状分布,单个矿体长35~ 350 m,厚0.6~4.5 m,倾向延伸200~350 m。

围岩热液蚀变为硅化、绢云母化,黄铁矿化和碳酸盐化。个别金矿体具明显蚀变分带特点,自矿体中心地带向外分别为硅化带、绢云母化带、黄铁矿化带和碳酸盐化带。

矿石中金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、毒砂、 闪锌矿、菱锰矿、自然金和自然银,脉石矿物有石英、 方解石、绢云母和铁白云石。矿石金含量变化范围 为 $(2 \sim 6) \times 10^{-6}$,平均为 3×10^{-6} ,最高为 56×10^{-6} ,银含量变化范围为 $(25 \sim 150) \times 10^{-6}$,平均为 50×10^{-6} ,最高值 800×10^{-6} 。

4 海西-印支期岩浆活动与金的成矿 作用

4.1 海西-印支期火成岩与金矿床

研究区地处哈北和塔里木两大古板块的交汇 处 构造-岩浆活动的强度和分布范围完全受板块构 造不同部位制约,其中海西期和印支期中酸性火成 岩与金矿床(点)具密切成因联系。从空间分布特点 来看 海西期花岗岩类侵入岩和火山岩分布广泛 并 在小宛南山、小西弓、拾金坡、新金厂和老金厂等地 构成几个规模较大的金矿化集中区(图1)。印支期 侵入岩主要分布在研究区中部地区,并在花牛山、花 西山、210和金窝子等地形成金矿化集中区。其主 要岩石类型有石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗 岩、黑云母花岗岩和钾长花岗岩。除石英闪长岩外, 其余各类岩体 25 件全岩样品分析结果表明,SiO2 含量变化范围为 67.96% ~ 76.23%, 平均为 72.17% 法₂O + Na₂O 为 6.31% ~ 9.29% ,平均为 7.66%;K₂O/Na₂O比值为0.79~1.64,平均为 1.31 属富硅和高钾钙-碱性火成岩系列(聂凤军等, 2002a;司雪峰等,2000;席小平,1997;崔惠文等, 1996 :田永志 ,1993)。需要指出的是 ,各含金花岗岩 类侵入岩体的同位素年龄数据(锆石 U-Pb 法、镁铁 矿物 K-Ar 法和全岩 Rb-Sr 法)多集中分布在 356~ 385 Ma 和 28 4 4 237 Ma(陈富文等, 1999;崔惠文

等,1996;胡霭琴等,1986),前一个时间段横跨加里 东晚期与海西早期构造旋回,后一个时间段横跨加里 海西晚期与印支早期构造旋回。同深成侵入岩相 比,容矿火山岩主要为石炭-二叠纪辉绿岩、英安岩、 流纹英安岩、流纹岩和英安质凝灰岩,除辉绿岩外, 其余各类火山岩15件全岩样品分析结果表明,SiO₂ 含量变化范围为65.35%~76.85%,平均值 71.68% K_2O+Na_2O 为5.42%~10.84%,平均为 7.55%; K_2O/Na_2O 比值为0.63~2.85,平均值 1.47,同样属富硅和高钾钙-碱性火成岩系列(崔惠 文等,1996,陈祖伊等,1993)。由此不难看到,不同 构造旋回过渡期的富硅、高钾钙-碱性岩浆活动是导 致含金流体上侵运移和富集成矿的主导控制因素。

4.2 成矿物质来源

火山岩型、侵入岩型和夕卡岩型金矿床(点)49 件硫化物样品 δ^{34} S值变化范围为 $0.6\% \sim 6.7\%$,平 均为3.8%,与中温热液金矿床 S同位素平均值 (3.5%;Goldfarb等,1991;Bohlke等,1988;Phillips 等,1986)和岩浆岩硫(4%;Taylor,1987)相近。与 前述3类矿床(点)相比,在变质岩型和沉积岩型金 矿床(点)硫化物数据中,除个别样品以略富³²S或 ³⁴S为特征外绝大多数样品数据点均落在火山岩型 金矿床硫化物 δ^{34} S值变化范围内(图2)。鉴于该区 各类金矿床(点)硫化物 δ^{34} S值均介于海西期花岗 岩类与前寒武系变质岩和古生代火山-沉积岩硫化



图 2 北山中南带各类金矿床(点),古生代花岗岩类、 古生代火山-沉积岩和前寒武系变质岩硫化物 (黄铁矿、方铅矿和黄铜矿);8同位素数据对比图 Fig. 2 Comparison of sulfur isotopic data of sulfides

from the gold ores Paleozoic granitoid intrusions and Precambrian metamorphic rocks of different type gold deposits in the south-central parts of the Beishan region 物 ∂³⁴S 值之间(图 2),它们很可能是含重硫岩浆流 体与含轻硫变质岩或火山-沉积岩地层相互作用的 产物(Goldfarb 等,1991;Phillips 等,1986)。

在 25 件石英流体包裹体氢、氧同位素分析数据 中 除少部分侵入岩和变质岩型金矿床(点)样品数 据点位于岩浆水区范围之外,大多数样品投绘点呈 现向大气降水线"漂移"的趋势(图3),反映了大气 降水与岩浆水的混合作用。

在²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 对²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 图中(图 4-a)中,所





4-变质岩型 5-沉积岩型

1-hosted by volcanic and volcaniclastic rocks 2-hosted by or related to granitoid intrusions 3-skarn 4-hosted by Precambrain metamorphic rocks 5-hosted by sedimentary rocks



有金矿床(点) 硫化物 Pb 同位素数据点构成一宽度 较大的'混合铅'带 这条铅不一致带分别与地幔、造 山带和上地壳铅演化线相交,暗示了金矿床铅来源 的复杂性。由图 4-a 可见 ,火山岩型金矿床硫化物 ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb比值相对较低,多分布在地幔铅演化线 上下两侧,相比之下,侵入岩型金矿床硫化物 ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb比值普遍较高,位于造山带和上地壳铅 演化线上下两侧。对于夕卡岩型金矿床硫化物样品 来讲,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb比值分布范围与深成侵入岩型金 矿床比值分布范围发生部分重叠,而²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb比 值则与变质岩型金矿床硫化物样品相类似。在 ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb对²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb**图(图**4-b)中,所有类型金 矿床硫化物样品数据点同样构成一宽度较大的"混 合铅 '带,其中侵入岩型和夕卡岩型金矿床硫化物为 "混合铅带"主体,而火山岩型和夕卡岩型金矿床硫 化物数据点分别位于该带的上下两端。由图 4-b 可 见 除火山岩型金矿床部分硫化物放射性成因铅含 量较低外 其余各类金矿床所有硫化物样品以富放 射性成因铅为特征。鉴于该区的主要构造-地层单 元为前寒武系变质岩和古生代火山-沉积岩层 侵入 岩主要为海西期或印支期花岗岩类 各类金矿床硫 化物样品大都投绘在地幔与造山带或上地壳与造山 带铅演化线之间 因此 ,可以认为 ,该区金矿床中的 Pb 是一种分别来自地幔和上地壳的混合铅。

5 结论

(1)根据容矿围岩性质和成矿作用特征,北山中 南带金矿床(点)大体可划分为火山岩型、侵入岩型、 夕卡岩型、变质岩型和沉积岩型,均与海西期或印支



图 4 北山中南带各类金矿床金矿石硫化物 黄铁矿和方铅矿)样品²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 对²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb(图 4-a)和²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 对²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 图(图 4-b)

Fig. 4 Lead isotopic plots of the sulfide pyrite and galena beparates from the gold ores of different type gold deposits in the south-central parts of the Beishan region ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb vs. ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb (Fig. 4-a) and ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb vs. ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb diagram.(Fig. 4-b) 1.火山岩型 2.侵入岩型 3.夕卡岩型 4-1-变质岩型(小宛南山) 4-2-变质岩型(小西弓,其中含沉积岩型金矿床硫化物样品数据) 1-hosted by volcanic and volcaniclastic rocks 2-hosted by or related to granitoid intrusions 3-skarn 4-1-hosted by Precambrain metamorphic rocks(Xiaowannanshan)冲势, different metamorphic rocks(Xiaoxigong also including sulfide data from the sediment-hosted gold deposits) 期火成岩具密切的时空分布关系。

(2)就研究区金矿床(点)的空间分布特征来看, 大体分布在3个矿化集中区,即金窝子-210、 新金厂-花牛山-金厂沟和小西弓-小宛南山,高强度 的金矿化不仅局限在上述3个地区,同时也局限在 2个时间段,即海西期和印支期,大规模成矿作用发 生的时间与板块构造活动高峰期吻合,金矿床(点) 是地壳特定演化阶段构造-岩浆活动的产物。

(3)Pb、S、H和O同位素研究结果表明,金矿床中的铅、金和其他金属元素主要来自壳、幔混合源, S是岩浆热液流体与前寒武系变质岩或古生代火山-沉积岩层相互作用的产物,矿石H、O同位素具 大气降水与岩浆水双重特征,暗示了二者之间的混 合作用。

(4)除沉积岩型金矿床(点)外,各类金矿床(点) 的形成过程大都经历过早、中、晚3个成矿阶段。早 期阶段的成矿流体为岩浆水;中期阶段为以岩浆水 为主的混合流体,也是金的重要富集成矿阶段,晚期 阶段的成矿流体是以大气降水为主的混合流体。

(5)在金窝子-210、新金厂-花牛山-金厂沟和小 西弓-小宛南山金矿化集中区及外围,前寒武系变质 岩和古生代火山-沉积岩分布广泛,深大断裂纵横交 错,海西期和印支期岩浆岩十分发育,金矿化点(或 异常带)星罗棋布,是进行隐伏金矿床找矿勘查的优 选地区。

参考文献

- 陈富文,李华芹,蔡红等.1999.新疆东部金窝子金矿床成因讨论—— 同位素地质年代学证据.地质论评 45(3)247~254.
- 陈祖伊 涨学权 涨昭明等.1993.北山区域地质发展史和金矿区域成 矿模式.铀矿地质 (2) 65~75.
- 崔惠文 陈祖伊.1996.甘肃北山地区金矿地质.北京 地质出版社.
- 甘肃省地质矿产局. 1989. 甘肃省区域地质志. 北京 地质出版社.
- 胡霭琴,章振根,刘菊英等.1986.天山东段中天山隆起带前寒武纪变 质岩浆时代及演化证据——U-Pb年代学研究.地球化学(1): 23~25.
- 黄典豪,王宝林.1997.额济纳旗老硐沟氧化-淋滤型金矿床成矿特征.贵金属地质 (<2)93~100.
- 刘雪亚,王荃.1995.中国西部北山造山带的大地构造及其演化.地学 研究.(28)37~48.
- 芦青山,新承琦.1997.北山南带金矿床(点)稳定同位素组成及找矿 意义.甘肃地质学报 ((1):53~61.
- 明承里.1991.甘肃花牛山金矿床地质特征简介.西北地质,12(3)21 ___^{24.}____
- 聂凤军 江思宏 白大明等.2002.北山地区金属矿床成矿规律及找矿 ___方向.北京 地质出版社.
- 聂凤军 江思宏 赵省民等.2000.北山地区金矿床类型和生成演化. 长春科技大学学报 31(金矿专辑)21~26.
- 司雪峰周继强 张玉成等.2000.甘肃北山柳园金矿化集中区金矿床 类型及典型金矿床简介.西北地质 33(1):13~26.
- 田永志, 1993, 甘肃北山拾金坡岩体特征及其含金性研究, 西安地质 学院学报, 15(4) 52~68.
- 席小平.1997.金窝子岩体的地质特征及找金方向.新疆地质,15(1): 76~83.
- 周济元 张斌 张朝文籍.1996.东天山古大陆及其边缘银、铼钼、金和铜矿地质.化茶 地质出版社.

References

- Bohlke J K , Coveney R M Jr , Rye et al. 1988. Stable isotope investigations of gold quartz veins at the Oriental mine , Alleghang district , California. U S. Geological Survey Open File Report , 88~279.
- Chen Fuwen , Li Huaqin , Cai Hong et al. 1999. The origin of the Jinwozi gold deposit in eastern Xinjiang-evidence from isotope geochronology. Geological Review , 45(3):247 \sim 254 (in Chinese with English abstract).
- Chen Zuyi , Zhang Xuequan , Zhang Zhaoming et al. 1993. The geological development and regional metallogenic model for gold of the Beishan area. Uranium Geology , 9(2):65~75 (in Chinese).
- Cui Huiwen , Chen Zuyi. 1996. Geology of gold deposits in Beishan region. Beijing : Geological Publishing House , $1\sim104$ (in Chinese with English abstract).
- Gansu Bureau of Geology and Mineral Resources. 1989. Regional geology of Gansu Province. Beijing : Geological Publishing House(in Chinese).
- Goldfarb R J , Newberry R J , Pickthron W J et al. 1991. Oxygen , hydrogen , and sulfur isotope studies in the Juneau gold belt , southeastern Alaska : Constraints on the origin of hydrothermal fluids. Economic Geology , 86 $66 \sim 80$.
- Hu Aiqin Zhang Zhenggen , Liu Juying et al. 1986. U-Pb age and evolution of Precambrian metamorphic rocks of Middle Tianshan uplift zone , eastern Tianshan , China. Geochemistry (1):23 ~ 35 (in Chinese).
- Huang Dianhao, Wang Baoliu. 1997. Ore-forming characteristics of the Laodonggou oxidized-leached type gold deposit in Ejinaqi. Journal of Precious Metallic Geology £(2) 93~100 (in Chinese).
- Liu Xueya , Wang Quan. 1995. Tectonics of the orogenic belts in Beishan Mt. Western China and their evolution. Geological Research , 28 $37{-}48$ (in Chinese with English abstract).
- Lu Qingshan , Xin Chengqi. 1997. Stable isotope composition characteristics and its prospecting significance for Au deposits (prospect) in south Beishan zone. Acta Geologica Gansu ,6(1):53 \sim 61 (in Chinese with English abstract).
- Ming Chengli. 1991. A brief introduction of the Huaneushan gold deposit. Northwest Geoscience $12(3) 21 \sim 24$ (in Chinese).
- Nie Fengjun, Jiang Sihong, Bai Daming et al. 2002. Metallogeny and ore-prospecting of ore deposits occurring within the conjunction area of Inner Mongolia, Gansu and Xinjiang (Beishan Mt.), northwestern China. Beijing : Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Nie Fengjun Jiang Sihong , Zhao Xingmin et al. 2000. Type and evolution of the gold deposits in the Beishan region. Journal of Changchun University of Science and Technology , 31(Special Issue on Gold Deposits) $21 \sim 26$ (in Chinese with English abstract).
- Phillips G N , Groves D I , Neall F B et al. 1986. Anomalous sulfur isotope compositions in the golden Mile , Kalgoorlie : Economic Geology , 81 : 2008 ~ 2015.
- Qian Daoquan. 1998. The features of the gold-containing ductile shear zone and the gold mineralization at the 210 gold deposit. Mineral Resources and Geology, 12 237~241(in Chinese with English abstract).
- Si Xuefeng , Zhou Jiqiang , Zhang Yucheng et al. 2000. Types and brief introduction of the representative gold deposits from the Liuyuan gold concentration camp of the Beishan region , Gansu Province. Northwest Geoscience , 33(1):13 \sim 26 (in Chinese with English abstract).
- Taylor B E. 1987. Stable isotope geochemistry of ore-forming fluid. Mineralogical Association of Canada Short Course Handbook , 13: 337~445.
- Tian Yongzhi. 1993. Geological features and gold contents of the Shijinpo granitoid intrusion of the Beishan region , Gansu province. Journal of the Xi 'an College of Geology , 15(4) $62 \sim 68$ (in Chinese).
- Xi Xiaoping. 1997. Geology and gold prospecting target of the Jinwozi rock body. Xinjiang Geology 15(1).76~83(in Chinese with English abstract).
- Zhou Jiyuan , Zhang Bin , Zhang Chaowen et al. 1996. Geology of silver , rhenium molybdenum , gold and copper deposits occurring within the eastern Tianshan ancient continent and along its margin. Beijing : Geological Publishing House , $1 \sim 191$ (in Chinese with English abstract).
- Zartman R E ,Hains S M. 1988. The plumbotectonic model for Pb isotope systematics among major terrestrial reservoirs-A case for bi-directional transport. Geochim. Cosmochim. Acta 52 :1327~1339.