

2006 年 8 月  
Aug., 2006

矿床地质  
MINERAL DEPOSITS

第 25 卷 第 4 期  
Vol. 25 No. 4

文章编号:0258-7106 (2006) 04-0483-08

# 甘肃北山拾金坡金矿床地质特征及成因分析\*

安国堡

(甘肃省核地质 212 大队, 甘肃 武威 733040)

**摘 要** 拾金坡金矿是甘肃北山南带较为典型的含金硫化物石英脉型金矿床, 矿化富集与加里东晚期—海西早期拾金坡复式岩体密切相关。矿体产于岩体的内接触带, 产出部位明显受近 EW 向断裂破碎带的控制。矿体主要为大脉状、脉状、透镜状。矿床中发育一套典型的中温热液成因的矿物组合, 矿石以强烈的绢云母化、碳酸盐化、硅化和黄铁矿化为特征, 矿石的金属矿物组合为自然金-银金矿-黄铁矿-方铅矿-闪锌矿-黄铜矿, 矿化属中温热液成因。硫和铅同位素显示成矿金属物质主要来自围岩, 即斑状花岗岩; 氢和氧同位素组成表明成矿流体来自花岗岩浆水。成矿时代属早—中海西期。因此可推断, 拾金坡金矿床属于与构造-岩浆活动有关的中温岩浆热液成因矿床。

**关键词** 地质学; 石英脉型; 成矿时代; 矿床成因; 拾金坡金矿; 北山; 甘肃

**中图分类号**: P618.51

**文献标识码**: A

## Geological characteristics and genetic analysis of Shijinpog gold deposit in Beishan Mountain, Gansu Province

AN GuoBao

(No. 212 Geological Party, Gansu Bureau of Nuclear Geology, Wuwei 733000, Gansu, China)

### Abstract

Located in the southern part of the Beishan Mountain, the Shijinpog deposit is a typical auriferous sulfide quartz vein gold deposit in this region. The mineralization is closely related to Shijinpog complex granite rock body which is considered to have been formed in the period from late Caledonian to early Hercynian. Existent along the endo-contract zone of the rock body, the ore bodies mostly take the forms of large veins, veins, lenses and bags and are obviously controlled by nearly EW-trending faults and fracture zones. The mineral assemblage of the ore deposit resulted from activities of medium temperature hydrothermal fluids. Intense sericitization, carbonation, silicification and pyritization are closely associated with the gold ores. Native gold, electrum, pyrite, galena, sphalerite and chalcopyrite make up the metallic mineral assemblage of the gold ore. Gold mineralization took place at medium temperature. S-Pb isotopic composition shows that the ore-forming metallic materials were derived from surrounding porphyritic granite, and the H-O isotopic data indicates that the ore-forming fluids were mainly magmatic water mixed with small amounts of meteoric water at the late ore-forming stage. The metallogenic epoch should be early-middle Hercynian. It is therefore concluded that the Shijinpog gold deposit is a medium-temperature hydrothermal deposit related to tectonic-magmatic activities.

**Key words:** geology, quartz vein type, metallogenic epoch, origin of ore deposit, Shijinpog gold deposit, Beishan Mountain, Gansu Province

\* 本文得到国家 892 勘探项目的资助

第一作者简介 安国堡, 男, 1966 年生, 高级工程师, 长期从事矿产勘查和地质科研工作。E-mail: anguobao01@163.com

收稿日期 2005-11-25; 改回日期 2006-03-07。许德焕编辑。

拾金坡金矿床位于甘肃省安西县境内,距柳园40 km。矿床中心的地理坐标为东经 $95^{\circ}01'18''$ ,北纬 $41^{\circ}10'39''$ 。该矿床为古采金点。20世纪50年代末,原花牛山地质队进行过普查揭露。1987年,核工业西北地质勘查局212大队进行矿点普查,经过1:4000地质图草测和老硐调查取样,圈出地表矿化体10个<sup>①</sup>。1988~1993年,212大队对该矿床进行了长达6年的勘探评价,于1992年和1993年分别提交了7号矿体和8号矿体的勘探报告<sup>②③</sup>。通过勘探,发现了含金石英脉23条,落实工业矿体4个,获得C+D级金储量5 066.7 kg,平均品位29.26 g/t;伴生银1 951.8 kg,品位11.27 g/t;铅799.8 t,品位0.46%;锌656.9 t,品位0.38%。矿床规模为中型。

拾金坡金矿床是一个典型的石英脉型金矿。在北山南带,该矿床以规模大、品位富而著名。但在过去的10多年间,对该矿床所作的研究甚少。有个别学者在研究北山地区金成矿作用时提及该矿床(聂凤军等,2002),但尚未见详细介绍它的文章。

本文较为全面地收集了区内有关资料,首次对该矿床的成矿地质背景、矿床地质特征和地球化学特征进行了初步总结和报道,借助矿床的硫、铅、氢、氧稳定同位素研究资料,尝试探讨了成矿物质和成矿流体的来源,结合区域地质构造背景和成岩成矿年代资料,分析了矿床的成因。本项工作对深化该区金成矿作用的认识、总结区域成矿规律及指导该区进一步找矿,均有重要的理论和实践意义。

## 1 区域地质背景

拾金坡矿区地处哈萨克斯坦—北山板块花牛山—地体次级构造单元的西部,黑山—碱泉子深大断裂的北侧(江思宏等,2003)(图1)。

区域断裂构造发育,主要为近EW向和NE向。

区内出露地层主要有蓟县系片岩夹大理岩,中震旦统白云岩、结晶灰岩、硅化大理岩夹千枚岩、变质长石砂岩及硅质板岩,中—下奥陶统花牛山群混合岩、板岩、变砂岩、安山岩、玄武岩夹大理岩,下二叠统上岩组哲斯群玄武岩、安山凝灰岩、凝灰质砂岩夹板岩,上二叠统砾岩、砂岩、页岩及含砾英安斑岩。

区内各种成因类型 and 不同形成时代的花岗岩类侵入岩分布广泛,约占岩石出露面积的45%(江思宏等,2003)。主要岩石类型有石英闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩和斑状花岗岩。岩体呈近EW向展布,明显受区域深大断裂控制。

区内脉岩十分发育,主要有石英脉、细晶岩脉、闪长(玢)岩脉、辉绿(玢)岩脉、石英闪长岩脉、英安斑岩脉以及辉长岩脉。

该区是北山南部铜-铅-锌-金矿床集中区的重要组成部分,金属矿床(点)星罗棋布,如辉铜山铜矿、花牛山铅锌矿,老金场、新金场、金窝子、南金山、马庄山等大中型金矿,还有铁、钨等多个矿点。

## 2 矿床地质特征

### 2.1 矿区地质特征

拾金坡金矿床产于拾金坡复式岩体的边部。该岩体呈岩基状产出,面积400 km<sup>2</sup>,近EW向延伸,岩性为中粗粒斑状花岗岩。岩石的斑晶主要为钾长石,其次为斜长石和石英,含量约为20%,半自形板状或他形粒状结构,粒径为1~3 cm,最大达5 cm;其基质具细粒花岗结构,矿物组成为钾长石(20%)、斜长石(中—更长石)(25%)、石英(30%)、黑云母(4%),以及磷灰石、榍石、锆石、磁铁矿、钛铁矿等副矿物(约1%)。岩石的化学组成为( $w_B$ ,下同)SiO<sub>2</sub> 68.5%、K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O 6.74%, K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 比值为1.18,铝饱和指数A/CNK[Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(CaO + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O)] = 1.55,大于1.1,显示出S型花岗岩的特征。

拾金坡花岗岩的 $\Sigma$ REE为 $241.9 \times 10^{-6} \sim 254.6 \times 10^{-6}$ , LREE为 $19.77 \times 10^{-6} \sim 226.34 \times 10^{-6}$ , HREE为 $22.14 \times 10^{-6} \sim 27.28 \times 10^{-6}$ , 稀土元素配分模式为轻稀土相对富集型。 $\delta Eu$ 为0.45~0.46,具有较强的铕负异常,为显著铕亏损。其稀土元素球粒陨石标准化配分曲线呈右倾平滑状。其稀土元素配分特征与上地壳相比较,除 $\Sigma$ REE明显增高外,其他特征较相似,反映了两者的成因上的一致性。

该岩体的(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)<sub>i</sub>为 $0.7105 \pm 0.00117$ ,根据I型与S型花岗岩(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)<sub>i</sub> = 0.706的划分标志(前者小于0.706,后者大于0.706)(郭文魁,1989),

① 甘肃省核地质212大队。1987。甘肃省安西县拾金坡金矿普查报告。内部资料。

② 甘肃省核地质212大队。1992。甘肃省安西县拾金坡金矿床七号矿体地质勘探报告。内部资料。

③ 甘肃省核地质212大队。1993。甘肃省安西县拾金坡金矿床八号矿体地质勘探报告。内部资料。

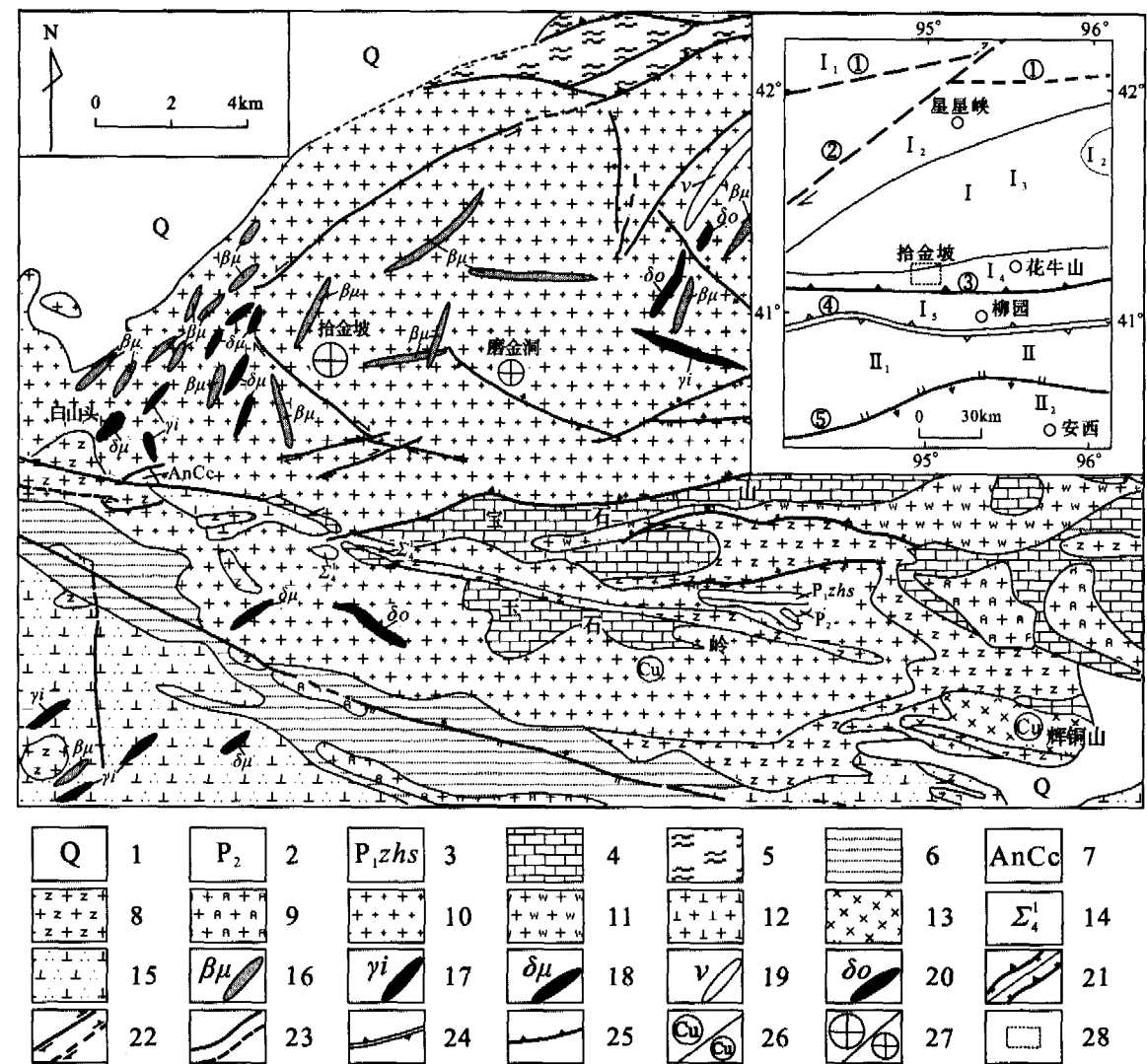


图 1 拾金坡地区区域地质简图(据甘肃省核地质 212 大队, 1992<sup>①</sup>)

1—第四系; 2—上二叠统; 3—下二叠统上岩组哲斯群; 4—中-下奥陶统花牛山群; 5—中震旦统; 6—前长县系; 7—前长城系; 8—海西晚期砖红色花岗岩; 9—海西中期红色花岗岩; 10—海西中期斑状花岗岩; 11—海西中期灰白色花岗岩; 12—海西中期花岗岩闪长岩; 13—海西早期辉长岩; 14—海西早期超基性岩; 15—加里东期石英闪长岩; 16—辉绿(玢)岩脉; 17—细晶岩脉; 18—闪长(玢)岩脉; 19—辉长岩脉; 20—石英闪长岩脉; 21—逆断层/正断层; 22—实测及推测走滑断层; 23—性质不明断层及推测断层; 24—晚古生代板块俯冲带; 25—早古生代板块俯冲带; 26—铜矿床/铜矿点; 27—金矿床/金矿点; 28—研究区。哈萨克斯坦-北山板块(I): I<sub>1</sub>—红石山-黑鹰山地块; I<sub>2</sub>—公婆泉-月芽山地块; I<sub>3</sub>—马鬃山地块; I<sub>4</sub>—花牛山地块; I<sub>5</sub>—柳园-大奇山地块。塔里木板块(II): II<sub>1</sub>—安北-旧寺墩构造带; II<sub>2</sub>—敦煌地块。①—明水-石板井-小黄山断裂; ②—且末-星星峡断裂; ③—黑山-碱泉子断裂; ④—柳园-大奇山断裂; ⑤—安北-桥湾断裂

Fig. 1 Simplified regional geological map of Shijinpole area in Gansu Province (after No. 212 Geological Party, Gansu Bureau of Nuclear Geology, 1992)

1—Quaternary; 2—Upper Permian; 3—Lower Permian Zhesi Group; 4—Middle-Lower Ordovician Huanishan Group; 5—Middle Sinian; 6—Jixian System; 7—Prechangcheng System; 8—Late Hercynian purple granite; 9—Middle Hercynian red granite; 10—Middle Hercynian porphyritic granite; 11—Middle Hercynian gray granite; 12—Middle Hercynian granodiorite; 13—Early Hercynian gabbro; 14—Early Hercynian ultrabasic rock; 15—Caledonian quartz diorite; 16—Diabase dike; 17—Aplite dike; 18—Diorite dike; 19—Gabbro dike; 20—Quartz diorite dike; 21—Thrust/normal fault; 22—Measured and inferred strike-slip fault; 23—Indeterminate and inferred fault; 24—Late Paleozoic subduction zone; 25—Early Paleozoic subduction zone; 26—Copper deposit (spot); 27—Gold deposit (spot); 28—Study area. Kazakhstanian-Beishan plate (I): I<sub>1</sub>—Hongshishan-Heiyingshan terrane; I<sub>2</sub>—Gongpoquan-Yueyashan terrane; I<sub>3</sub>—Mazongshan terrane; I<sub>4</sub>—Huanishan terrane; I<sub>5</sub>—Liuyuan-Daqishan terrane. Tarim plate (II): II<sub>1</sub>—Anbei-Jiusidun tectonic belt; II<sub>2</sub>—Dunhuang terrane. ①—Mingshui-Shibanjing-Xiaohuangshan fault; ②—Qimo-Xingxingxia fault; ③—Heishan-Jianquanzi fault; ④—Liuyuan-Daqishan fault; ⑤—Anbei-Qiaowan fault

① 甘肃省核地质 212 大队. 1992. 甘肃省安西县拾金坡金矿床七号矿体地质勘探报告. 内部资料.

岩体应属S型花岗岩,其岩浆来源主要为地壳物质。该区花岗岩的 $\delta^{34}\text{S}$ 介于 $-3.1\text{‰} \sim +5.1\text{‰}$ 之间,落在壳源重熔型花岗岩(S型, $\delta^{34}\text{S} = -9.4\text{‰} \sim +7.6\text{‰}$ )的范围内,但与幔源花岗岩(I型, $\delta^{34}\text{S} = -3.6\text{‰} \sim +5.0\text{‰}$ )(赵伦山等,1988)又非常接近,亦可能暗示该区的花岗岩为壳幔混合成因。这一结论与区域研究结果相一致。左国朝等(1990)在讨论北山地区花岗岩的成因时指出,北山南带的奥陶-泥盆纪花岗岩具混合模式,即由来自上地幔的玄武质岩浆在上升过程中与地壳硅铝质熔体发生混合而形成。该岩体的全岩Rb-Sr等时线年龄为 $(388.84 \pm 17.2)\text{Ma}$ ,属早泥盆世;花岗岩内锆石的U-Pb年龄为 $409.3\text{Ma}$ ,属志留纪末。据此推断花岗岩形成于志留纪末—早泥盆世。

该岩体的亲铁元素镍及亲铜元素锌含量偏高,而亲石元素偏低,Ni/Co比值较高。

矿区内脉岩十分发育,走向主要呈近EW向和SN向,少数呈NE向和NW向。脉岩种类有细粒花岗岩脉、伟晶状花岗岩脉、花岗斑岩脉、石英脉、云斜煌斑岩脉、辉绿(玢)岩脉和辉长岩脉等,以辉绿(玢)岩脉和石英脉分布最为广泛。岩脉之间的相互穿插关系是:细粒花岗岩脉被含金石英脉切穿,云斜煌斑岩脉被花岗斑岩脉切穿,细粒花岗岩脉、花岗斑岩脉和云斜煌斑岩脉均又被辉绿(玢)岩脉切穿。早期的含金石英脉被辉绿(玢)岩脉切穿,晚期的不含金石英脉又切穿辉绿(玢)岩脉。

矿区内近EW向的断裂作为基底断裂控制着岩体的产状和规模,是重要的导矿构造;其近EW向的次级断裂控制着矿体的空间展布,是重要的储矿构造。NW向的断裂受控于近EW向构造。近SN向

的断裂规模较小,但分布广泛,大多为中基性岩或白色石英脉所填充,并与早期含金石英脉相交切。

## 2.2 矿体特征

矿区内,较大的石英脉约有48条,可分为早、晚2期。早期石英脉为灰白色,走向近EW,多呈长100~300m的单脉近于平行斜列地分布在长2km,宽500m、走向 $280^\circ \sim 290^\circ$ 的退色蚀变带内,部分含矿。晚期石英脉不含矿,颜色为乳白色,近SN向展布。

该矿床由南、中、北3条矿化蚀变带组成。南带含矿性好,规模最大,断续长2km,宽10~50m,分布有7号、8号等12条含金石英脉。中带长1.8km,宽10~20m,分布有包括10号脉在内的5条含金石英脉。北带包括3条含金石英脉,但经钻探揭露均未见工业矿体。7号、8号2个主矿体和9号、10号2个小矿体,均产于相应编号的石英脉中。矿体在地表延长数十至数百米,厚0.32~0.89m,呈大脉状、脉状、透镜状,倾向 $13^\circ \sim 16^\circ$ ,倾角 $75^\circ \sim 82^\circ$ (图2)。诸矿体的特征见表1。

## 2.3 围岩变质与蚀变

该矿区内的花岗岩普遍遭受变质作用,表现为岩体广泛的钾长石化、绿泥石化和绢云母化。含金石英脉两侧的围岩,因发生热液蚀变而形成宽数米的退色蚀变带,蚀变种类有绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、硅化和黄铁矿化等。黄铁矿等金属硫化物见于矿体和围岩,与成矿作用关系密切,是直接的找矿标志。

## 2.4 矿石的矿物组成

矿石的原生金属矿物有自然金、银金矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿,偶见磁铁矿。地表氧化矿物有褐铁矿、孔雀石等。黄铁矿是矿区内分布最

表1 拾金坡金矿床主要矿体产出特征<sup>①②</sup>

Table 1 Modes of occurrence of main orebodies in Shijinpou gold deposit

矿体编号	赋矿部位	长度/m	平均厚度/m	垂深/m	走向长与倾向长之比	矿体形态	倾向/ $^\circ$	倾角/ $^\circ$	平均品位/ $10^{-6}$
7	7号石英脉	320	0.62	240	1:1	板状	16	75	47.87
8	8号石英脉	110	0.89	310	1:3	长条状	13	80	20.06
9(地表部分)	9号石英脉	54	0.56	20	3:1	长条状	14	82	9.86
9(深部)	9号石英脉	118	0.56	158(145~303)	1:1.5	三角形	14	79	9.86
10	10号石英脉	94	0.32	80(248~328)	1:1	不规则四边形	13	80	26.16

注:9号矿体由地表和深部两部分组成;10号矿体为隐伏矿体。括号内数字为深度范围。

① 甘肃省核地质212大队,1993.甘肃省安西县拾金坡金矿床八号矿体地质勘探报告,21~43.内部资料。

② 甘肃省核地质212大队,1992.甘肃省安西县拾金坡金矿床七号矿体地质勘探报告,36~40.内部资料。

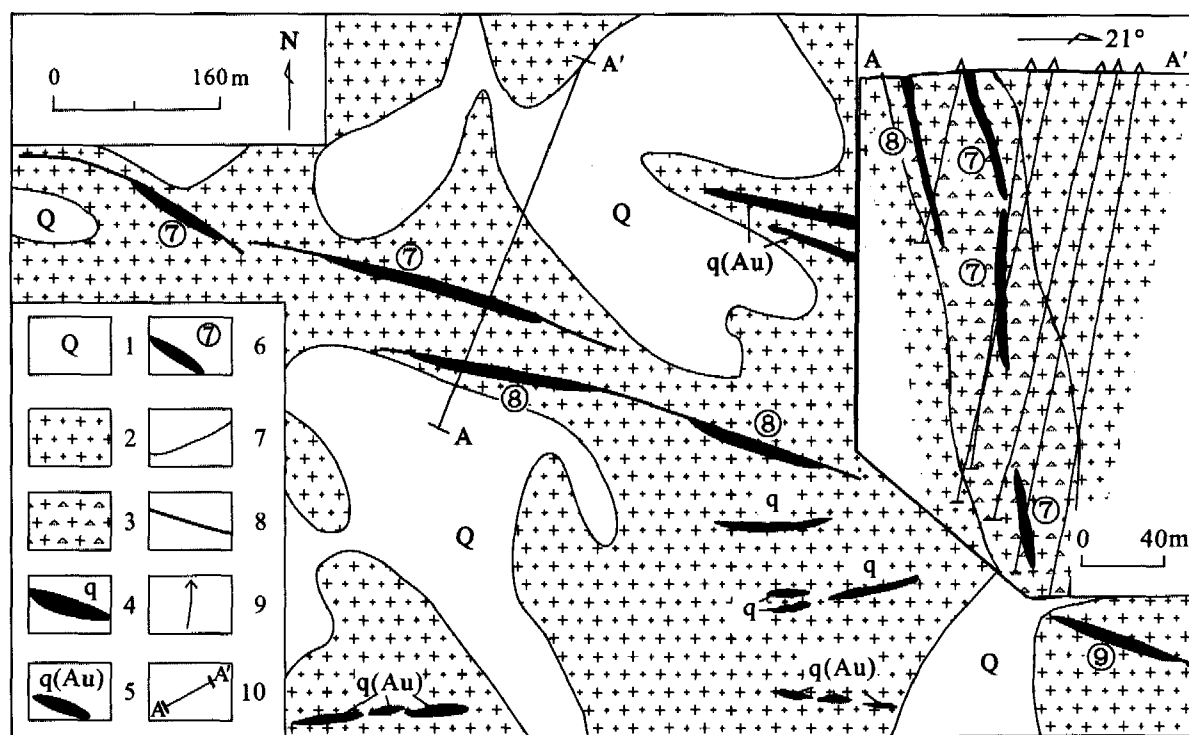


图2 拾金坡金矿区地质平面与剖面略图(据甘肃省核地质212大队,1993<sup>①</sup>)

1—第四系冲、洪、残积物;2—海西中期斑状花岗岩;3—蚀变碎裂斑状花岗岩;4—石英脉;5—含金石英脉;6—金矿体及编号;  
7—地质界线;8—断裂;9—钻孔;10—剖面线

Fig. 2 Geological map and section of Shijinpo gold deposit (after No.212 Geological Party, Gansu Bureau of Nuclear Geology, 1993)

1—Quaternary alluvial-diluvial-residual materials; 2—Middle Hercynian porphyritic granite; 3—Altered Shattered porphyritic granite;  
4—Quartz vein; 5—Gold-bearing quartz vein; 6—Gold ore body and its serial number; 7—Geological boundary; 8—Fault;  
9—Drill hole; 10—Section line

广的金属矿物,呈淡黄色,含量为0.5%~10%,以细小单晶或呈细脉状、浸染状分布于石英矿物中。黄铁矿单晶一般为1~2 mm。矿石中黄铁矿与金含量呈正相关。经电子探针分析,晶粒较大且自形程度较高的黄铁矿往往不含金。脉石矿物有石英、钠长石及少量绢云母、绿泥石和碳酸盐矿物等。

矿石类型主要为石英脉型,其次为发育在石英脉两侧的蚀变岩型,以原生矿石为主,氧化矿石较少。

矿石结构有晶粒结构、压碎结构、交代结构、固溶体分离结构以及包含结构等。矿石构造有块状、团块状、浸染状、角砾状、细脉-网脉状、条带状等。

## 2.5 矿石的化学成分

矿石的主要有用组分为金,伴生的有用组分有银、铅、锌等。银多以银金矿的形式产出于石英、黄

铁矿裂隙中。铅、锌分别以方铅矿、闪锌矿单矿物或集合体形式分布在石英裂隙中。有害元素砷的平均含量低于0.01%,其他元素含量均甚微。选矿大样的化学多项分析结果列于表2。

## 2.6 金的赋存状态和嵌布特征

根据电子探针分析(表3),该矿床内的金矿物以自然金为主,占86.13%,其次为银金矿,占13.87%;粒度以0.01~0.053 mm为主(占69.25%),少量为<0.01 mm和>0.053 mm(占30.75%)。金矿物的形状受载金矿物的裂隙、孔隙和颗粒间隙形态的制约,主要为粒状、枝叉状、浑圆状及不规则状。金赋存于石英(70.40%)和黄铁矿(29.60%)中,嵌布类型以粒间金(50.32%)和裂隙金(31.31%)为主,包体金少量(18.37%)。金矿物中含少量银、铜和铁。金成色较低,平均为742;Au/Ag比值低,介于1.35~

① 甘肃省核地质212大队,1993. 甘肃省安西县拾金坡金矿床八号矿体地质勘探报告. 21~43. 内部资料.

表 2 拾金坡金矿床矿石的化学多项分析<sup>①</sup> [w(B)/%]

Table 2 Chemical analyses of ores from Shijinpo gold deposit [w(B)/%]

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	Au/10 <sup>-6</sup>	Ag/10 <sup>-6</sup>	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Mo
85.44	0.23	0.63	0.42	0.08	17.00	9.50	0.02	0.28	0.04	0.015	0.018	0.10
Mn	Sn	Fe	S	Cr	Ni	Co	B	V	Ce	Be	Pt	
0.023	0.12	1.36	0.35	0.03	<0.001	0.003	<0.001	0.003	<0.001	未测	未测	

5.40 之间,平均为 3.43。

### 3 矿床地球化学特征

#### 3.1 微量元素地球化学

该矿床 1:2.5 万岩石原生晕测量结果显示,矿体产出部位与所圈出的最大异常晕相吻合。该异常晕的异常下限为  $45.7 \times 10^{-9}$ ,均值为  $8.3 \times 10^{-9}$ ,峰值为  $462.9 \times 10^{-9}$ ,均值和峰值均较高,其外带大,内带小,浓集中心明显。蚀变围岩的金含量为  $0.01 \times 10^{-6} \sim 0.5 \times 10^{-6}$ ,明显高于正常岩石。从矿体至蚀变围岩到正常岩石,即由含金石英脉至蚀变碎裂花岗岩到斑状花岗岩,金及伴生元素的含量呈阶梯状降低(表 4)。该矿床的元素组合为 Au-Ag-Pb-Zn-As-Sb-Hg。Au 分别与 Ag、Pb、Zn 呈显著正相关。

#### 3.2 稳定同位素地球化学

##### 3.2.1 硫同位素组成

含金石英脉中黄铁矿(2 件样品)和方铅矿(1 件样品)的  $\delta^{34}\text{S}$  介于  $-2.90\text{‰} \sim +4.75\text{‰}$  之间,均值为  $3.60\text{‰}$ ,极差为 7.65。蚀变花岗岩的  $\delta^{34}\text{S}$  为  $-3.10\text{‰} \sim +5.10\text{‰}$ ,平均为  $4.10\text{‰}$ ,极差为 8.20。

矿石与围岩的硫同位素组成相似,反映出成矿在物源上对围岩的依赖性。

##### 3.2.2 铅同位素组成

由矿石中单矿物黄铁矿、方铅矿测得矿石的铅同位素组成(表 5)。由表 5 可知,矿石的  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  为  $18.178 \sim 18.316$ ,最大变化率(最大值与最小值之差除以最小值)为 0.76%;  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  为  $15.569 \sim 15.603$ ,最大变化率为 0.22%;  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  为  $38.033 \sim 38.394$ ,最大变化率为 0.95%。其最大变化率均小于 1%,变化较小。矿石中方铅矿和黄铁矿的铅同位素组成,变化均较小,数值相对稳定,说明样品中的铅有着大体相同的来源和演化历史。在铅同位素组成与环境关系图(图 3)中,该矿床矿石的铅同位素组成的投影位于造山带演化线附近,偏向于上地壳演化线一侧,反映出矿石中矿物的铅源是造山带内地幔和上地壳物质的混合物(张理刚,1989),也就是说,矿质属壳幔混源,且壳源比例相对高一些。

##### 3.2.3 氢氧同位素组成

矿石的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{石英}}$  平均值为  $11.40\text{‰}$ 。根据氧同位素分馏公式计算获得的成矿流体的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}$  值为  $7.29\text{‰}$ 。

表 3 拾金坡金矿床内金矿物的电子探针分析结果<sup>①</sup>

Table 3 Electron microprobe analyses of Au minerals from Shijinpo gold deposit

样品号	矿物名称	w(B)/%					成色	Au/Ag
		Au	Ag	Cu	Fe	总计		
89-13-1	银金矿	56.87	42.16	0.51	—	99.54	574	1.35
89-13-1a	银金矿	57.50	42.50	—	—	100.00	575	1.35
89-13-1b	银金矿	77.54	22.46	—	—	100.00	775	3.45
89-13-45	银金矿	79.58	19.30	0.78	0.42	100.08	805	4.12
89-13-46	银金矿	78.07	21.58	0	0	99.65	783	3.62
89-13-55	银金矿	72.37	26.33	0.60	0.38	99.68	733	2.75
88-13E-5	自然金	82.69	15.30	0.44	0	98.43	844	5.40
88-13-5-2	自然金	83.91	15.65	0	0.26	99.82	843	5.36

注:成色 =  $[\text{Au}/(\text{Au} + \text{Ag})] \times 1000$ 。

① 甘肃省核地质 212 大队. 1993. 甘肃省安西县拾金坡金矿床八号矿体地质勘探报告. 21~43. 内部资料.

表4 拾金坡金矿床八号矿体矿石及围岩的微量元素含量[w(B)/%]<sup>①</sup>

Table 4 Minor element contents of ores and their host rocks from No.8 orebody of Shijinpole gold deposit[w(B)/%]

岩性	位置	样品数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Mo
斑状花岗岩	上盘	4	0.050	0.062	28.22	46.2	129.4	12.7	1.75
蚀变碎裂花岗	上盘	5	0.235	1.290	25.64	106.5	484.2	19.8	1.94
含金石英脉	矿体	20	19.72	8.500	157.46	3113.9	4065.0	97.88	2.25
蚀变碎裂花岗	下盘	6	0.324	0.865	20.97	219.2	231.4	13.65	2.12
斑状花岗岩	下盘	4	0.022	0.418	19.92	99.8	95.7	16.80	3.25
地壳背景值			0.0035	0.08	63	12	4	2.2	1.3

表5 拾金坡金矿床内方铅矿和黄铁矿的铅同位素组成<sup>②</sup>

Table 5 Pb isotopic composition of galena and pyrite from Shijinpole gold deposit

序号	矿物	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb
1	方铅矿	18.201	15.603	38.136
2	方铅矿	18.178	15.569	38.033
3	黄铁矿	18.316	15.603	38.394

~8.99‰, 平均为 8.17‰。通过直接测试石英中包裹体水而获得的  $\delta D$  值为 -91.34‰~-93.14‰, 平均为 -92.24‰。在  $\delta D$ - $\delta^{18}O$  图解(图4)中, 该矿床成矿流体的  $\delta^{18}O_{\text{水}}$  和  $\delta D$  值落入“MC”型花岗岩初始岩浆水的范围内, 即落入张理刚(1989)所提出的陆壳类型中的金铜系列花岗岩初始岩浆水的范围内, 表明矿石的氢氧同位素主要来自花岗岩浆。

## 4 矿床成因分析

### 4.1 成矿时代

该矿区内, 被含金石英脉穿切的中基性脉岩的 Rb-Sr 等时线年龄为 352 Ma<sup>③</sup>, 而穿切含金石英脉的中基性脉岩的 Rb-Sr 年龄为 341 Ma<sup>④</sup>, 据此推断, 含金石英脉形成于 341~352 Ma, 属泥盆纪末—早石炭世。矿床的形成时代为海西期, 与该区的大地构造演化历史及区域成矿时代大体一致(左国朝等, 1990)。

### 4.2 矿床成因

拾金坡金矿床的主导控制因素为构造-岩浆作用, 属构造岩浆热液型矿床。其主要成因标志如下:

(1) 该矿床定位于拾金坡复式岩体的边部, 空间上受斑状花岗岩的控制。该岩体为多次脉动侵入的复式岩体, 岩体形成后, 又有花岗斑岩脉、辉绿(玢)岩墙等岩脉群叠加。花岗岩在上升侵位过程中带来

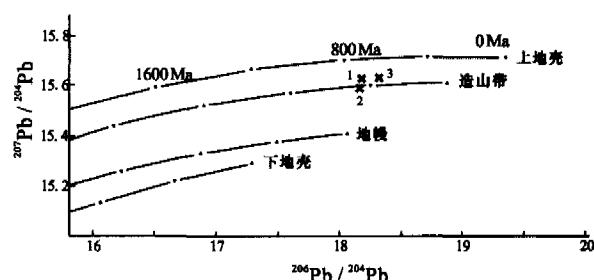


图3 拾金坡金矿床铅同位素组成与环境关系图  
(数据点号同表5序号)(底图据张理刚, 1989)

Fig. 3 Diagram showing relationship between lead isotope composition and environment of Shijinpole gold deposit (Data number as for Table 5) (based on map by Zhang, 1989)

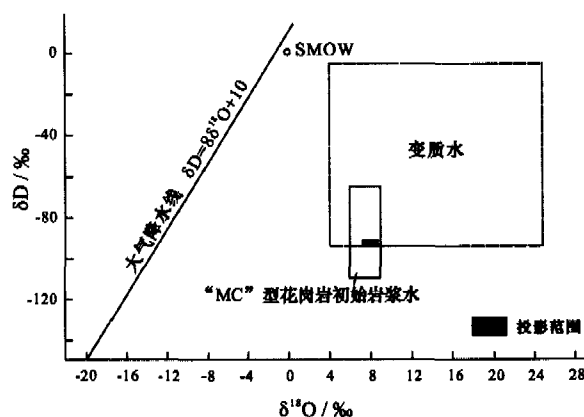


图4 拾金坡金矿床氢氧同位素组成范围投影图  
(底图据张理刚, 1989)

Fig. 4 Diagram showing range of oxygen and hydrogen isotope composition of ores from Shijinpole Gold deposit (modified from Zhang, 1989)

大量的成矿物质和成矿流体, 形成含金石英脉, 而较晚期次的花岗岩侵入体提供岩浆, 形成岩墙且切割

① 甘肃省核地质 212 大队. 1993. 甘肃省安西县拾金坡金矿床八号矿体地质勘探报告. 21~43. 内部资料.

② 甘肃省核地质 212 大队. 1992. 甘肃省安西县拾金坡金矿床七号矿体地质勘探报告. 58~59. 内部资料.

了含金石英脉。

(2) 矿石的硫、铅、氢、氧同位素指示成矿物质来源于地壳和地幔物质的混合物,即来源于近矿围岩——斑状花岗岩。

(3) 该矿床内,矿石矿物发育一套典型的中温热液矿物组合,如自然金、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿;围岩蚀变类型有硅化、碳酸盐化、绿泥石化、绢云母化以及黄铁矿化等,为中温蚀变组合。矿石中广泛发育角砾状构造、细脉-网脉状构造以及碎裂结构、交代结构等中温热液矿石的特征组构(袁见齐等,1985)。

综上所述,笔者认为,拾金坡金矿床应为海西期中温构造岩浆热液成因类型。

## 5 结 论

(1) 岩体和脉体的锶同位素数据以及含金石英脉与中基性岩脉的穿插关系表明,拾金坡金矿床的形成时代晚于斑状花岗岩,推测成矿物质主要来源于深部的花岗岩浆。在岩浆演化晚期,岩浆分异出成矿流体,后者在热动力驱使下沿不同序次的断裂和破碎带流动,不断与围岩发生交代反应,造成硅化、绢云母化、碳酸盐化等热液蚀变。在屏蔽较好的次级断裂内,在还原富硫的条件下,随着温度和压力的降低,成矿物质沉淀并充填构造裂隙,从而形成了脉状金属硫化物矿床。

(2) 包括拾金坡、磨金洞在内的北山南带西部地区的一系列含金硫化物石英脉型金矿是该区造山过程的产物,其成矿作用与泥盆纪造山作用成矿阶段(405~350 Ma)(左国朝等,1990)的花岗质岩浆活动有密切的成因关系。岩浆活动不仅为金成矿提供了热动力条件,而且也提供了成矿物质。花岗岩及中酸性-中基性岩脉群的存在可作为该区重要的找矿标志。

## References

- Jiang S H, Nie F J, Cheng W, Liu Y, Bai D M, Liu X Y and Zhang S H. 2003. Discovery of Yanshanian k-feldspar granite in Huitongshan copper deposit, Gansu Province, and its implication[J]. Mineral Deposits, 22(2): 185~190 (in Chinese with English abstract).
- Nie F J, Jiang S H, Bai D M, 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[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1~499 (in Chinese).
- Yuan J Q, Zhu S Q, Zhai Y S. 1985. Metallogeny[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 132~142 (in Chinese).
- Zhang L G. 1989. Petrogenetic and minerogenetic theories and prospecting-stable isotopic geochemistry of main type ore deposits and granitoids of China[M]. Beijing: Press of Beijing University of Technology. 1~200 (in Chinese with English abstract).
- Zhao L S and Zhang B R. 1988. Geochemistry[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1~404 (in Chinese).
- Zuo G C and He G Q. 1990. Plate tectonics and metallogenic regularities in Beishan region[M]. Beijing: Beijing Univ. Pub. House. 1~209 (in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 江思宏, 聂凤军, 陈文, 刘妍, 白大明, 刘新宇, 张思红. 2003. 甘肃辉铜山铜矿床燕山期钾长花岗岩的发现及其地质意义[J]. 矿床地质, 22(2): 185~190.
- 聂凤军, 江思宏, 白大明, 等. 2002. 北山地区金属矿床成矿规律与找矿方向[M]. 北京: 地质出版社. 1~499.
- 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生. 1985. 矿床学[M]. 北京: 地质出版社. 132~142.
- 张理刚. 1989. 成岩成矿理论与找矿——中国主要类型矿床及花岗岩类岩石的稳定同位素地质学[M]. 北京: 北京工业大学出版社. 1~200.
- 赵伦山, 张本仁. 1988. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社. 1~404.
- 左国朝, 何国琦. 1990. 北山板块构造及成矿规律[M]. 北京: 北京大学出版社. 1~209.