

doi: 10.6053/j.issn.1001-1412.2015.03.006

西秦岭尹家坪金矿地质特征及矿床成因

辛存林,包小强,巩鑫

(西北师范大学地理与环境科学学院,兰州 730070)

摘要: 尹家坪金矿位于西秦岭褶皱系南秦岭印支褶皱带北缘,矿体赋存于海西—印支期侵入的闪长岩岩体及围岩接触部位。文章分析了尹家坪金矿体产出的地质特征及矿床成因,认为地层岩性及火山喷发、断裂构造、岩浆岩作用三位一体控制着尹家坪金矿金的富集与成矿,特别是 F_2 断裂破碎带是成矿的关键构造条件;金成矿物质主要来自海西中—晚期闪长岩,源自地壳深部,热液来源有岩浆热液、大气降水。尹家坪金矿为浅层中低温热液活动形成的构造蚀变岩型金矿床。

关键词: 尹家坪金矿;地质特征;矿床成因;西秦岭

中图分类号: P613;P618.51 **文献标识码:** A

0 引言

西秦岭地区海—陆相沉积建造发育较齐全,尤以海相复理石沉积建造最为明显,中泥盆统中赋存有丰富的金多金属矿床,是我国最重要的金多金属成矿带之一。前人对秦岭泥盆系各金矿床的地球化学特征和矿床成因进行了大量研究^[1-4],但其基础地质研究程度低。本文通过对尹家坪金矿的地质特征及成矿规律的研究,以期为该区的金矿找矿和其他矿产资源的研究提供借鉴。

1 成矿地质背景

西秦岭为东西向秦岭造山带向西的自然延伸段,处于多个构造单元的聚合地带,经历了多旋回造山构造运动的叠加改造,呈现出复杂的构造变形特征^[1-4]。早古生代为厚度不大的海相碎屑岩夹碳酸盐岩建造,岩浆活动微弱,岩层呈 EW 走向;晚古生

代和三叠纪是该区重要的地史阶段,沉积了与下古生界基本连续的海相碎屑岩、碳酸盐岩建造,其中上古生界厚约 5 500 m,而三叠系竟达 18 000 m。晚古生代有少量酸性、中性、超基性岩侵入,未见火山活动。三叠纪时酸性岩浆侵入强烈,并有较多的火山喷发。三叠纪末印支运动结束了该区海相沉积史,褶皱上升为陆,发生区域低温动力变质作用。上古生界—三叠系与褶皱、断裂基本上呈 EW 走向,并夹有次级构造。

研究区大地构造处于松潘—扬子—华北三大构造单元相互汇聚区的西秦岭褶皱系南秦岭印支褶皱带北缘(图 1,图 2)^[1-2]。秦岭构造带在经历了元古宙—早古生代的裂谷、洋盆发育期后,开始过渡到现代板块构造体制发展阶段,南秦岭南侧的勉略断裂带与商丹断裂带之间的地区称为秦岭微板块^[5]。尹家坪金矿处于上述南秦岭微陆块中。区域构造线呈近 EW 向、NNE 向,断裂十分发育,岩浆活动具有多期次持续性的特点,为尹家坪金矿的形成提供了有利条件^[2-6]。研究区位于头滩子金异常区内,金背景值较高,研究区周边已发现了多处金矿床、金异常点,如金滩子、头滩子、通天坪等。

收稿日期: 2014-07-21; **改回日期:** 2014-10-24; **责任编辑:** 赵庆

基金项目: 国家自然科学基金(编号:41262001)和甘肃省自然科学基金(编号:1010RJZA020)资助。

作者简介: 辛存林(1967—),男,教授,博士,主要研究方向为地质矿产。通信地址:甘肃省兰州市安宁区科教城,西北师范大学地理与环境科学学院;邮政编码:730070;E-mail: xincunlin@163.com

通信作者: 包小强(1988—),男,硕士研究生,研究方向为地质矿产与勘查。通信地址:西北师范大学新校区研究生公寓 3 号楼。邮政编码:730070;E-mail: qiangxbao@163.com

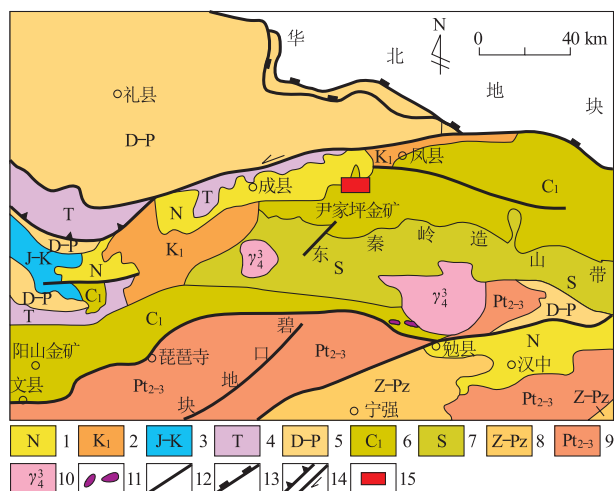


图1 西秦岭地质略图

Fig. 1 Geological sketch of the west Qinling mountain

1. 新近系红色摩拉石堆积; 2. 下白垩统泥灰岩、页岩; 3. 侏罗系—白垩系泥灰岩、页岩、砾岩; 4. 三叠系砂岩、板岩; 5. 泥盆系—二叠系灰岩、砂质板岩、板岩; 6. 石炭系千枚岩、灰岩、板岩、砂岩等; 7. 志留系浊积岩夹碳质页岩; 8. 震旦系—古生界陆缘碎岩、碳酸盐岩、硅质岩建造; 9. 中新元古界灰岩、变质砂岩; 10. 印支期花岗岩; 11. 蛇纹岩及相关火山岩; 12. 断层; 13. 缝合带; 14. 逆冲断层和走滑断层; 15. 研究区

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质

研究区自南而北出露地层为(图3):志留系上统泥岩、碳酸盐岩,发现金矿化;泥盆系中统碳酸盐灰岩含硬绿泥石板岩;石炭系下统碳质千枚岩、鲕状灰岩、硅化灰岩,为含金岩层;石炭系上统厚层灰岩,发现金矿化;二叠系灰岩和三叠系石英砂岩、粉砂岩。根据区域地质资料^[7],西秦岭地区泥盆系、石炭系地层金丰度要远远大于地壳丰度值,即为区域性富金地层。

研究区褶皱与断裂均十分发育,总体呈近EW向,受断裂作用,泥盆系至三叠系均发生倒转向S倾。其中,褶皱以层间挤压变形和倒转叠瓦状单斜构造为主,老地层覆盖于新地层之上^[8-9]。断裂主要为EW走向的压性断裂及NNE走向的张性断裂;近EW向的吊铃坡—寺垭—云屏寺断裂(F₁)穿过石炭系,倾角20°~40°,延伸>8 km,次级构造发育,是一条重要的金矿控矿—容矿断裂。谈家庄—稻地坪—棒棒岩(F₂)区域大断裂在本区的出露部分,以

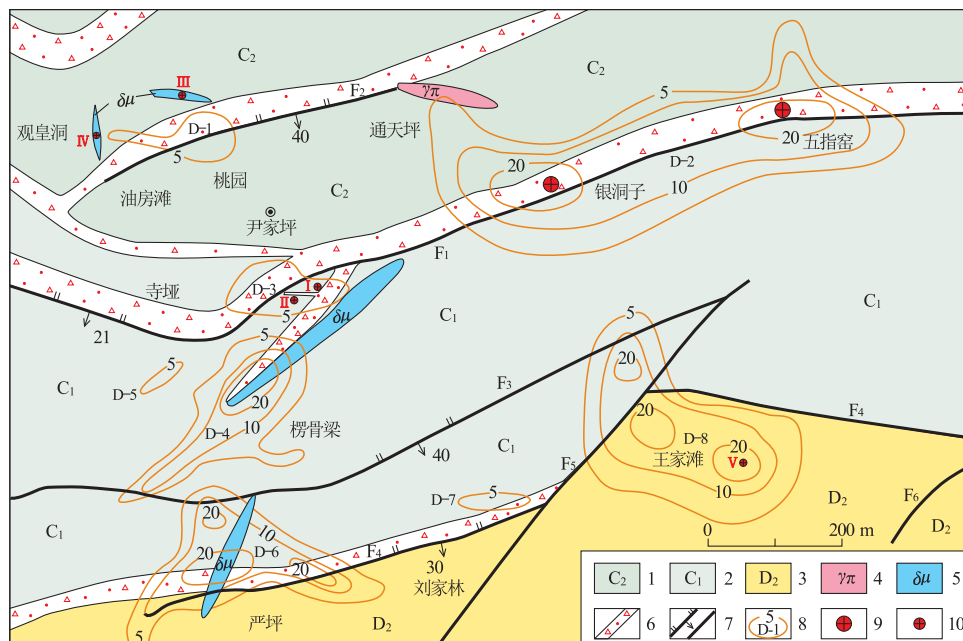


图2 尹家坪地区金异常晕及区域地质略图

Fig. 2 Geological sketch of Yinjiaping area with gold anomaly halos

1. 鲕状灰岩、硅化灰岩、沉凝灰岩; 2. 碳质千枚岩、碳质页岩、泥岩; 3. 灰岩、泥质灰岩; 4. 花岗斑岩脉; 5. 蚀变闪长岩脉; 6. 构造破碎带; 7. 断裂; 8. 土壤 Au 异常晕; 9. 金矿床; 10. 金矿点

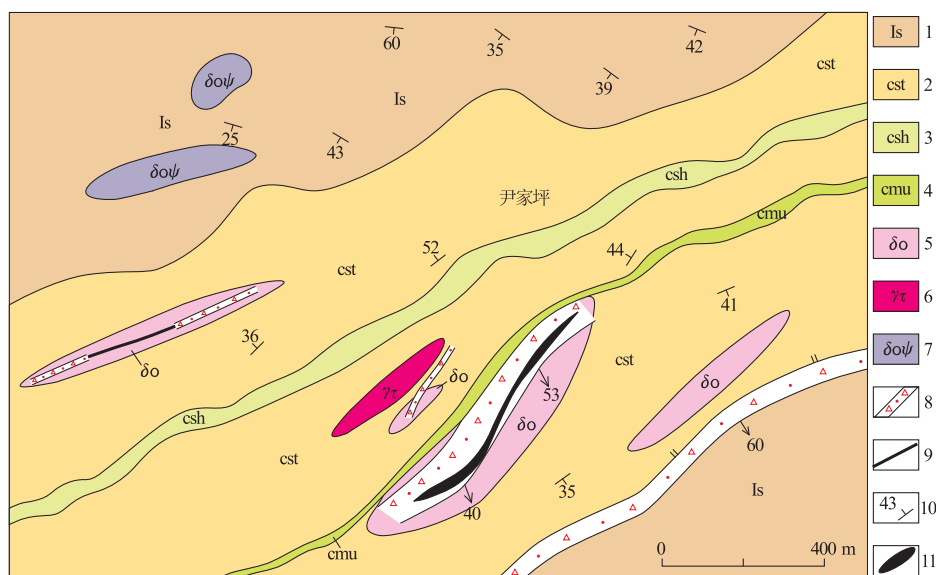


图3 尹家坪矿区地质略图

Fig. 3 Geological sketch of Yinjiaping gold deposit

1. 灰岩; 2. 泥钙质粉砂岩; 3. 泥钙质页岩; 4. 碳质泥岩; 5. 强蚀变细粒石英闪长岩; 6. 蚀变白云母花岗岩; 7. 蚀变细粒角闪石英闪长岩; 8. 构造破碎带; 9. 性质不明断层; 10. 地层产状; 11. 矿体

NE-SW 向斜穿工作区北部, 倾角 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$, 倾向 S, 为大型活动性断裂, 与本区矿化关系很密切; 既对本区成矿提供有利条件, 后期又起到破坏作用。

F_2 断裂下盘派生出一系列平行排列的构造裂隙组, 具有平移挤压的特征, 并出露一系列闪长岩脉, 岩性为角闪石英闪长岩、闪长玢岩, 具锡矿化; 地表氧化成褐铁矿化带, 深部为黄铁矿化带。

区域岩浆岩发育, 以脉岩产出为主, 主要为石英闪长岩、蚀变细粒角闪闪长岩、蚀变闪长玢岩脉、蚀变粗面岩脉, 常沿灰岩层面侵入, 主要产于 F_2 构造下盘。石英闪长岩脉为印支期产物, 出露于稻地坪黄土梁、庙梁坪一带, 厚几米至数十米, 多条平行产出, 其中在黄土梁处脉体最厚, 规模最大, 厚约 50 m, 该脉岩的构造裂隙中常见金矿化。区内脉岩与金锡矿化的关系十分密切, 脉岩含金背景值较高, 为主要的金源层。在脉岩与围岩接触带常形成金矿化。

2.2 矿体特征

在稻地坪发现金、锡矿化体 1 条, 长约 600 m, 分为北东、南西 2 段。北东段主要为金矿化, 南西段主要为金、锡矿化。

(1) 北东段金矿化体。位于庙梁坪, 长约 150 m, 宽 0.3~2.0 m, 产状 $105^{\circ} \sim 120^{\circ} \angle 18^{\circ} \sim 60^{\circ}$, 倾向 E 或 SE, 倾角变化大。总体受 F_2 断裂控制, 构造具多支复合现象, 局部地段矿化体呈鸡窝状富

集^[10]。

(2) 南西段金、锡矿化带。长约 180 m, 宽 3~5 m, 由一组平行排列的构造节理组控制, 产状 $105^{\circ} \sim 165^{\circ} \angle 20^{\circ} \sim 35^{\circ}$, 构造裂隙宽 5~63 cm, 裂隙地表褐铁矿化强烈, 深部变为黄铁矿化, 沿构造裂隙常产出辉锡矿脉体, 厚几厘米至十几厘米, 在构造裂隙相对集中地段, 为金、锡矿化带。在 PD-1 号坑道, 1 184 m 标高, 金矿化带为 3~5 m, $w(\text{Au}) = 1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$, 锡矿脉相对较少; 在 PD-3 号坑道, 1 209 m 标高, 矿化带 $w(\text{Sb}) = 1.7\%$, $w(\text{Au}) = 2.3 \times 10^{-6}$, 垂直厚度 80 cm; 左壁 21~25 m, 平均 $w(\text{Au}) = 1.33 \times 10^{-6}$; 右壁 18.5~24.5 m, $w(\text{Au}) = 1.08 \times 10^{-6}$, $w(\text{Sb}) = 0.1\% \sim 0.2\%$ 。该矿化带含金矿石目前只发现 1 种, 为褐铁矿化或黄铁矿化蚀变闪长岩; 而锡矿石有 2 种: 一种为脉状辉锡矿石, $w(\text{Sb}) = 30\% \sim 50\%$, 厚 0.05~5.3 m, 另一种为浸染状锡矿石, 量大, 一般 $w(\text{Sb}) < 0.5\%$ 。辉锡矿晶形较好, 在浸染状矿石中呈短柱状、针状。该种含锡矿化岩石原岩为石英闪长岩, 后期热液活动导致发生锡矿化。

2.3 矿石特征

含矿岩性为浅黄褐色、深褐色至微红色蚀变闪长岩。主要矿石矿物有自然金、锡、褐铁矿、黄铁矿和毒砂; 脉石矿物以斜长石、石英、方解石、绢云母、角闪石为主。矿化岩石主要有 3 种: ①黄铁矿化泥

表 1 尹家坪矿区岩石地球化学特征
Table 1 Petrogeochemical characteristics of Yinjiaping area

项目	Au	Ag	Pb	Cu	Zn	W	Sb	Bi	Hg	As	备注
灰岩	0.000 45	0.060	11.9	32.5	86.1	1.08	0.62	0.140	0.014	24.1	20 个样平均值
闪长岩	0.007 30	0.146	7.1	64.7	79.5	2.40	8.08	0.150	0.022	567.6	6 个样平均值
最高值	0.140 20	0.315	17.6	109.0	166.0	2.67	21.87	0.940	0.032	790.0	细晶岩脉
克拉克值(黎彤)	0.003 50	0.080	12.0	63.0	94.0	1.10	0.60	0.004	0.080	2.2	

量的单位: $w_B/10^{-6}$

微晶灰岩,矿石为块状,呈深灰色,偏蓝,黄铁矿为多期形成,有脉状、星点状,颜色暗,颗粒细,多数沿灰岩层理侵入,黄铁矿含量约 1%;另有方解石细脉切过灰岩层面,灰岩已发生硅化,含石英约 2%,绢云母约 2%。该矿石 $w(\text{Au})$ 一般为 $9 \times 10^{-6} \sim 12 \times 10^{-6}$,最高 19.2×10^{-6} 。矿化部位位于闪长岩脉的下盘,同时受 F_2 断裂控制,形成的富矿体应受接触带和构造带的双重控制;②蚀变细晶闪长岩,该闪长岩沿灰岩层间侵入,接触面产状 $220^\circ \angle 55^\circ$,闪长岩在受构造影响的部位才发生蚀变、矿化,同时发生强烈的黄铁矿化、高岭土化和碳酸盐化,认为构造控矿是矿化的直接原因^[11-14]。闪长岩脉产于构造影响部位, $w(\text{Au}) = 1.23 \times 10^{-6}$,矿化厚 2~3 m,脉岩中也可见到切过脉岩的碳酸盐细脉;③褐铁矿化蚀变带,厚 30~50 cm,完全受 NE 向构造裂隙控制,具分支复合现象,氧化带颜色发红, $w(\text{Au}) = 4 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ 。在矿化带下降约 25 m 标高的平硐中构造带依然存在,但含金大幅降低,与地表相对应的接触带中黄铁矿化的泥微晶灰岩不含或含极少量的金。

总的来说,深部构造程度更强烈,灰岩碳质成分含量明显增高,是否为构造增强、温度增高,导致灰岩脱钙有待进一步研究。若如此,则深部环境不利于金矿体的富集,品位变低也属正常。

3 矿床地球化学特征

3.1 矿区岩石地球化学特征

对研究区 27 件样品中的 10 种元素进行光谱分析,其地球化学特征见表 1。灰岩中 $w(\text{Au}) = 0.3 \times 10^{-9} \sim 0.6 \times 10^{-9}$,平均 0.45×10^{-9} ,接近于地壳克拉克值;闪长岩脉中 $w(\text{Au}) = 0.9 \times 10^{-9} \sim 15.2 \times 10^{-9}$,平均 7.3×10^{-9} ,高于地壳克拉克值。733~801 m 细晶岩脉处,有一较高值 140.2×10^{-9} 。

3.2 流体包裹体

在庙梁坪金矿化点采集一含金石英细脉流体包裹体样品进行测试,样品中包裹体以气液两相包裹

体为主。尹家坪金矿石英流体包裹体成分测定结果见表 2,成矿流体液相成分属 $\text{Na}^+(\text{K}^+) - \text{Ca}^{2+}(\text{Mg}^{2+}) - \text{Cl}^-$ 型,以 $\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Cl}^-$ 为主, $\text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{F}^-$ 等次之。 $\text{K}^+/\text{Na}^+ = 1.31, \text{F}^-/\text{Cl}^- = 0.025, \text{Na}^+ / (\text{Ca}^{2+} + \text{K}^+) = 13.61$ 。气相成分复杂,以 H_2O 和 CO_2 为主,少量 $\text{CH}_4, \text{CO}, \text{C}_2\text{H}_6, \text{H}_2\text{S}, \text{O}_2, \text{H}_2$ 。成矿流体以低盐度为主, $w(\text{NaCl}) = 9.1\% \sim 11.3\%$ 。中低温 H_2O 体系包裹体 < 10 ,中高温 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 体系包裹体 > 10 。 $\text{K}^+/\text{Na}^+ < 1, \text{F}^-/\text{Cl}^- < 1$,是沉积或地下水形成的流体特征,若这 2 个比值 > 1 则是流体来自岩浆的主要证据之一^[15]。王莉娟研究表明,中低温、 $\text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 型或 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型,贫 K^+ 和 Mg^{2+} 的流体,可能为大气降水及同生沉积来源的成矿流体;而低盐度、较高温度和还原条件的 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 流体则具有变质成矿流体的共同特征^[16]。

对金矿而言,中高温、低盐度、高 CO_2 和相对富 K^+ 的 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型或 $\text{K}^+(\text{Na}^+) - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型流体可能是变质流体的代表性特征^[17]。可见,尹家坪金矿流体既具有变质流体特征,又具大气降水特征,成矿流体来源极有可能属混合源。

3.3 氢、氧同位素

为判断成矿流体的性质,对尹家坪金矿床的 5

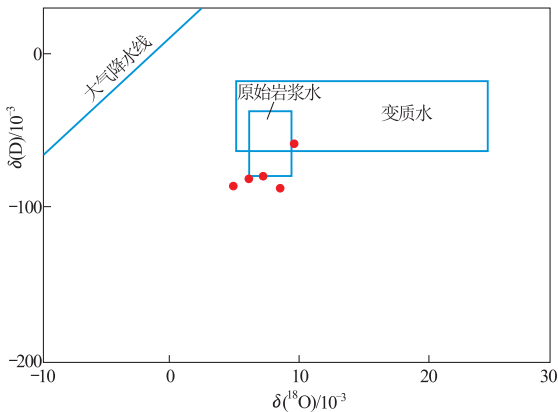


图 4 尹家坪金矿成矿流体 $\delta(\text{D}) - \delta(^{18}\text{O})$ 图解
Fig. 4 $\delta(\text{D}) - \delta(^{18}\text{O})$ diagram of ore fluid from the Yinjiaping gold deposit

表 2 尹家坪金矿矿石石英包裹体气、液相成分

Table 2 The composition of gas and solution of fluid inclusions in quartz from Yinjiaping gold deposit

液相成分 $w_B/10^{-6}$								
Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Σ 阳离子	Σ 阴离子
0.49	0.64	0.001	0.035	0.03	1.2	0	1.166	1.23
气相成分 $x_B/\%$								
H ₂ O	CO ₂	CH ₄	CO	C ₂ H ₆	H ₂ S	H ₂	O ₂	
2 080	878.8	0.05	0.15	0.031	0.012	0.02	0.338	
特征参数								
CO ₂ /CH ₄	K ⁺ /Na ⁺	Na ⁺ /(Ca ²⁺ +Mg ²⁺)		F ⁻ /Cl ⁻				
17 576	1.31	13.61		0.025				

表 3 尹家坪金矿氢、氧同位素组成

Table 3 Oxygen and hydrogen isotopic compositions of quartz from the Yinjiaping gold deposit

样号	测试矿物	$\delta(^{18}\text{O}_{\text{石英}})$	$\delta(^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}})$	$\delta(\text{D}_{\text{H}_2\text{O}})$
1	石英	+14.7	+9.5	-63
2	石英	+11.1	+5.8	-71
3	石英	+13.4	+8.0	-92
4	石英	+13.4	+4.9	-83
5	石英	+15.2	+6.7	-84

测试单位:核工业北京地质研究院。量的单位: $w_B/10^{-3}$ 。

件含矿石英样品进行了矿物氧和包裹体氢的测试(表 3)。表 3 可见,尹家坪金矿床成矿流体水氢、氧同位素分布较均匀,变化不大, $\delta(^{18}\text{O}) = 4.9 \times 10^{-3} \sim 9.5 \times 10^{-3}$, 极差 4.6×10^{-3} , 均值 6.98×10^{-3} ; $\delta(\text{D}) = -63 \times 10^{-3} \sim -92 \times 10^{-3}$, 极差 29×10^{-3} , 均值 -78.6×10^{-3} 。含矿石英 $\delta(^{18}\text{O}) = 11.1 \times 10^{-3} \sim 15.2 \times 10^{-3}$, 极差 4.1×10^{-3} , 均值 13.56×10^{-3} 。将尹家坪金矿床的氢氧同位素结果投影于 $\delta(\text{D})-\delta(^{18}\text{O})$ 图解(图 4), 投影点位于岩浆水与大气降水线之间, 个别点位于变质水区域内, 说明成矿热液主要为岩浆水和变质的地层水, 同时有大气降水的大量混入^[18]。

3.4 稀土元素

对尹家坪金矿区围岩(灰岩)、方解石脉、锑金矿、黄铁矿型金矿石进行 REE 分析, REE 配分模式见图 5。稀土配分曲线呈右中低倾斜趋势, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE} = 1.14 \sim 2.21$, 总体表现为轻稀土富集、重稀土平坦的特征。赋矿围岩与金矿石配分形式相似, 为一组缓密集平行的右倾斜线, 表明金矿石对容矿岩石稀土来源的继承性。La/Yb, Sm/Nd 分别为 3.81 和 6.23, 显示出壳源特征, 说明尹家坪金矿床成矿与地层建造的成因联系^[19]。

4 控矿因素

4.1 地层岩性及火山岩的控制作用

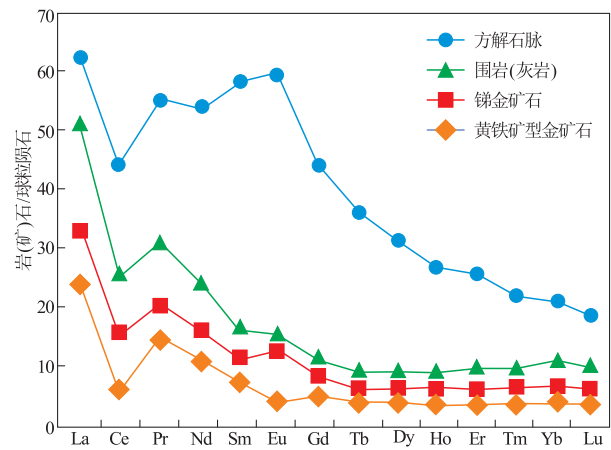


图 5 尹家坪金矿稀土元素配分模式

Fig. 5 Chondrite-normalized REE patterns of Yinjiaping gold deposit

矿区主要出露下石炭统下岩组的不纯碳酸盐岩层。不纯碳酸盐岩层实际是海相石灰岩中含大量泥质、火山凝灰质、铁质、砂质等。矿区西部银洞子一带有凝灰岩层、凝灰角砾岩等, 该套地层总厚 >500 m, 含有丰富的成矿元素 Au, Au 丰度值为 $7 \times 10^{-9} \sim 8 \times 10^{-9}$, 是地壳平均值的 2~3 倍, 在远离含有火山喷发物质的岩层中金含量很低, 一般为 1×10^{-9} 左右。可认为该区地层岩性及火山岩是金矿化的基础条件。

4.2 断裂构造的控制作用

研究区矿体赋存于断裂破碎带及内部二级构造部位, 断裂是该区金成矿的关键条件。F₂ 断裂为大型控矿构造, 下盘闪长岩脉内发生强烈的碎裂岩化、碳酸盐化, 发育的次级构造是重要的控矿-容矿构造。该矿化带因 F₂ 构造带而生, 又受 F₂ 后期构造的强烈破坏。测区中部 NE 向的黄土梁—庙梁坪矿化带发育于闪长岩脉内部, 长约 600 m, 宽 3~5 m, 局部宽 8 m 左右, 由一组构造裂隙控制, 构造裂隙有 3~5 条, 该构造为 F₂ 构造的次级构造。沿该构造裂隙矿化蚀变强烈。金矿化、锑矿化均发育于该构

造之中,构造发育于闪长岩脉之中,在构造带的中部被晚期构造活动所破坏。

4.3 岩浆岩的控制作用

矿区周围发育印支期的小岩体、脉岩,如银洞子一带南侧的闪长玢岩脉及埋深 100 m 左右的基性岩体,五指窑西南有煌斑岩脉。沿该矿化带向东金滩子地区有石英闪长岩体,向西在沙坡子有较大的闪长岩体。这些岩浆岩侵入体周围都有金矿(化)体分布,说明岩浆岩的侵入过程对金成矿起着重要作用,它能够提供热源,使 Au 元素活化、迁移再富集,且为金成矿提供一定的成矿物质。岩浆岩侵入是该区金成矿的必需条件。

5 矿床成因

5.1 成矿物质来源

通过光谱分析可知,矿区 10 种元素在闪长岩中的质量分数高于灰岩,其中 Au,Ag,Sb,As 元素在闪长岩中的质量分数明显高于地壳背景值,尤其在细晶岩脉中的质量分数最高,而在灰岩中的质量分数接近于地壳背景值。因此推断金矿的成矿物质主要来源于闪长岩岩体。

5.2 成岩成矿时代

金矿体大多产在闪长岩岩脉或岩脉附近的围岩中,闪长岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 (256.1 ± 3.7) Ma^①,可以确定该闪长岩岩体侵位时代为晚二叠世末—早三叠世初,属海西晚期、印支早期火山活动的产物。根据矿体赋存状态与围岩的穿插关系,认为尹家坪金矿的成矿时代与该闪长岩岩体的成岩期有一定时差,即金成矿时代晚于该闪长岩岩体的成岩期^[16]。

5.3 成岩温度与压力

金矿成矿温度为 145~310 ℃,属中低温热液矿床的成矿温度(表 4)。测定矿石矿物包裹体 CO₂ 流体压力为 $1.93 \times 10^7 \sim 6.41 \times 10^7$ Pa,平均为 4.52×10^7 Pa。按静岩压力计算,对应成矿深度为 1.3 km,矿床应属浅成矿床。

5.4 成因分析

海西—印支期,岩浆热液沿区域断裂带向上迁移,并不断从闪长岩岩体中汲取成矿物质,在运移中由于外界条件变化而储存于沉积建造中。燕山中期造山运动中,控矿构造受闪长岩类岩浆热液活动多次的作用,加之后造山期初—脆性剪切变形构造的

表 4 硫化物的爆裂温度

Table 4 Decrepitation temperature of sulfide

矿化阶段	测试矿物	爆裂温度/℃	
		测试值	平均
早期热液阶段	毒砂	300	298
	毒砂	285	
	毒砂	310	
热液成矿阶段	黄铁矿	145	165
	黄铁矿	185	

叠加影响,以致金矿体主要为闪长岩类和沉积岩系,含矿热液中的成矿物质被萃取、迁移,并在构造挤压破碎带等有利部位富集^[20-23]。

燕山晚期,降水、地表流水沿大断裂带向下渗透,汲取岩体中的有用组分,并在向下渗滤过程中不断增温,逐渐变成富金的热液,这些热液在蚀变构造破碎带和蚀变闪长岩裂隙中又一次循环聚集;而含金热液与围岩发生碳酸盐化、硅化、黄铁矿化等,最终形成尹家坪金矿床。后经表生氧化作用、风化作用,使矿化层及围岩中金淋滤、渗透、迁移、叠加,早期工业矿体再度富集^[20-23]。

综上所述,地层岩性及火山喷发、断裂构造、岩浆岩作用三位一体控制着尹家坪金矿金的富集与成矿,特别是 F₂ 断裂破碎带是成矿的关键构造条件;金成矿物质主要来自海西中—晚期闪长岩,源自地壳深部,热液来源有岩浆热液、大气降水;结合地球化学特征及金矿体产出地质特征,笔者认为尹家坪金矿为浅层中低温热液活动形成的构造蚀变岩型金矿床^[18-23]。

注释:

① 甘肃省核工业二一三地质大队. 西秦岭尹家坪金矿床勘探总结报告,2010.

参考文献:

[1] 郑怀远. 甘肃省徽县尹家坪锦金矿床地质特征[J]. 甘肃科技, 2006,22(11):104-106.

[2] 张承中. 秦岭泥盆系北带金成矿条件及寻找大型—超大型金矿床初探[J]. 甘肃地质学报,1999,8(增刊):36-40.

[3] 韦龙明,吴烈善,黄建军,等. 秦岭若干重要类型金矿床成矿地质条件研究新进展[J]. 矿产与地质,2002,16(2):65-69.

[4] 王学明,邵世才,汪东波. 西秦岭金矿床包裹体、氢氧同位素特征及其地质意义[J]. 贵金属地质,2000,9(1):44-48.

[5] 赵志鹏. 甘肃长坪沟金矿地质特征与矿床成因[D]. 兰州:西北师范大学,2013:1-56

[6] 张国伟,董云鹏,赖绍聪,等. 秦岭—大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带[J]. 中国科学:D 辑,2003,33(12):1121-1135.

- [7] 辛存林,孙柏年,王碧喜. 甘肃省两当县金厂沟微细浸染型金矿地质特征及成因探讨[J]. 兰州大学学报:自然科学版, 2003,39(4):98-103.
- [8] 杜子图,吴淦国. 西秦岭地区构造体系及金矿成矿构造动力学[M]. 北京:地质出版社,1998:1-230.
- [9] 甘肃地质矿产局. 甘肃省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1989:3-18.
- [10] 辛存林,孟建,康鸿杰. 甘肃两当杨家坪地区土壤金异常晕与金矿化特征[J]. 西北师范大学学报:自然科学版,2010,46(1):102-107.
- [11] 辛存林,魏明,都卫东,等. 甘肃席茆水地区金矿床地质特征[J]. 西北师范大学学报:自然科学版,2012,48(2):91-97.
- [12] 辛存林,孟健,马维云,等. 甘肃省徽县刘家坡地区土壤金异常晕特征及评价[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2011,47(1):12-17.
- [13] 肖力,张继武,崔龙,等. 西秦岭地区金矿控矿因素和资源潜力分析[J]. 黄金,2008,29(7):12-17.
- [14] 胡晓隆,杨礼敬,陈彦文,等. 甘肃省徽县头滩子金矿地质特征及远景预测[J]. 矿床地质,2005,24(4):416-421.
- [15] 卢焕章,李秉伦,等. 包裹体地球化学[M]. 北京:地质出版社,1990:1-246.
- [16] 王莉娟. 华北地台北缘及北邻地区铜、铅、锌、锡矿床流体包裹体研究[J]. 矿床地质,1998,17(3):256-263.
- [17] 杜远生,黎观城,赵锡文. 西秦岭西成地区泥盆系研究的新进展[J]. 地球科学,1988,13(5):487-493.
- [18] 张理刚. 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,1989:1-46.
- [19] 刘新会,于岚,张复新,等. 甘肃岷县寨上金矿床地质特征及成因初探[J]. 西北地质,2005,38(4):45-53.
- [20] 杨涛. 西秦岭李子园造山型金矿床地质-地球化学特征与成矿动力学背景[D]. 西北大学,2004.
- [21] 辛存林,孙柏年,张祥年,等. 甘肃拾金坡金矿床地质特征及成矿作用[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2009,45(1):1-7.
- [22] 张新虎,汤中立,刘建宏,等. 甘肃省矿床成矿系列研究[J]. 甘肃地质,2007(4):1-15.
- [23] 辛存林,孙柏年,王碧喜. 甘肃省两当县金厂沟微细浸染型金矿地质特征及成因探讨[J]. 甘肃地质,2003,39(4):98-102.

Geological characteristics and genesis of Yinjiaping gold deposit in the west Qinling mountain

XIN Cunlin, BAO Xiaoqiang, GONG Xin

(School of Geography and Environmental Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Yinjiaping gold deposit is located at the northern margin of the Indosinian southern Qinling folded belt in western Qinling folded system. Orebodies occur at the contact of the Hercynian-Indosinian diorite intrusive body and the wall-rock. The three factor combination of volcanic eruption, faulting and magmatism controls enrichment of gold and the ore formation. Especially, cataclastic zone of F_2 is the key factor. The ore materials come mainly from Middle-Late Hercynian diorite at deep crust and hydrothermal fluid from magmatic and meteoroid water. The deposit is a epi-mesothermal altered cataclastic rock type gold deposit.

Key Words: Yinjiaping gold deposit; geological characteristics; genesis of the deposit; the west Qinling