

甘肃省玛曲大水金矿床地球化学特征

韩春明 袁万明 于福生 汤云晖 保增宽

(中国科学院高能物理研究所, 北京, 100039)

摘 要 位于西秦岭川、陕、甘地区的大水金矿床是具有卡林特型的金矿床。矿床赋存于下三叠统马热松多组(T_1m)灰岩和印支期花岗闪长岩脉中, 矿化受到 NWW 向和近 SN 向断裂严格控制, 矿石矿物以赤铁矿、自然金和黄铁矿为主, 蚀变以硅化、绢云母化和褐(赤)铁矿化为特征。成矿作用可以分为原生成矿期和表生氧化-次生富集期。矿床成矿温度为 $100\sim 400\text{ }^{\circ}\text{C}$, 盐度为 $2.70\%\sim 9.10\%$, 密度为 $0.875\sim 0.970\text{ g/cm}^3$, 成矿深度为 $1.422\sim 3.555\text{ km}$ 。早期成矿流体来源于岩浆水, 晚期成矿流体为改造的大气降水。硫同位素组成特征表明, 该矿床成矿物质与矿区内花岗闪长岩有关, 同时也有深部物质的参与。该矿床为多次构造-岩浆作用的产物, 早期成矿作用发生于西秦岭碰撞造山期, 晚期喜马拉雅期区域整体构造隆升使矿体金品位进一步提高, 显示了该矿床多期次幕式成矿作用特征。

关键词 大水 金矿床 甘肃 玛曲 西秦岭

Geochemistry of the Dashui Gold Deposit in West Qinling Mountains, Gansu Province

HAN Chunming YUAN Wanming YU Fusheng TANG Yunhui BAO Zengkuan

(Institute of High - Energy Physics, CAS, Beijing, 100039)

Abstract The Dashui gold deposit is located in the south of West Qinling Mountains between Qinling orogenic zone and Songpan-Ganzi orogenic zone. The mineralization can be divided into the primary ore-forming stage and the supergene oxidation-secondary enrichment stage. Lying in the west Qinling orogenic belt, the deposit is controlled by the NWW-trending fault zone. The host rocks of the gold mineralization are mainly Triassic altered limestone and adamellite dikes. The $\delta^{34}\text{S}$ values of pyrite range from -1.8 to $+4.5$ per mil with a mean of 2.40% , reflecting a deep source of sulfur. Oxygen isotope data of calcite from ores indicate that calcite has $\delta^{18}\text{O}$ values ranging from -22.4 to -11.1 per mil. The calculated $\delta^{18}\text{O}$ water values of calcite range from -4.32 to $+8.33$ per mil and the δD values range from -61.1 to -101 per mil, suggesting that the ore fluids were mainly derived from the magma at the early stage of mineralization. Nevertheless, the values at the late ore-forming stage decrease, indicating the mixture of meteoric waters at the time of mineralization. Homogenization temperatures of fluid inclusions are relatively low, varying from 100 to $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ and mostly in the range of $150\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, with a peak value of $175\text{ }^{\circ}\text{C}$. Salinities exhibit a wide range from 2.70 to $9.10\text{ wt. \% NaCl equiv.}$, with a mean of $4.88\text{ wt. \% NaCl equiv.}$ In addition, the early gold mineralization occurred between 196 Ma and 182.8 Ma , and the late gold mineralization took place between 72.15 Ma and 41.21 Ma , as shown by the Rb-Sr isochron dating of inclusions from calcite in ores. This means that the Dashui gold deposit has at least two gold ore-forming stages.

Key words Dashui gold deposit West Qinling Mountains Gansu Magu

大水金矿床位于甘肃省玛曲县大水军牧场一带, 向西延入碌曲县境内, 地处西倾山南麓。地理坐标为 $E102^{\circ}12'\sim 102^{\circ}15'$, $N34^{\circ}01'\sim 34^{\circ}04'$, 海拔 $3\,600\sim 4\,000\text{ m}$ 。区域构造上, 该矿床位于西秦岭造山带和松潘甘孜造山带的衔接部位。

该矿床由甘肃省地质勘查局第三地质大队于 1990 年发现, 1991~1992 年对大水金矿外围进行 $1:5$ 万和 $1:1$ 万化探扫面和地表异常检查工作, 又相继发现了贡北、格尔托、辛曲和恰若等一系列金矿床、矿点和矿化异常。迄今为止, 大水金矿床已经探

明金储量 46 t,金平均品位为 11.70×10^{-6} ,远景储量可达大型规模。本文在前人工作的基础上^①(王安建等, 1998;高兰等, 1998;Jingwen Mao 等, 2002),对大水金矿床地球化学特征进行研究,旨在推动大水金矿床进一步勘探、开采,为区域上同种类型矿床的寻找奠定理论基础。

1 区域地质和矿床地质概况

研究区位于甘肃省南部甘南藏族自治州玛曲县大水军牧场一带。大地构造位置处于古亚洲、特提

斯-喜马拉雅及滨太平洋三大构造域交汇部位,区内出露的地层主要有元古宇、震旦系、古生界、中生界和新生界。矿区赋矿地层主要为下三叠统马热松多组(T_1m),岩性为泥晶白云岩、白云质灰岩和泥晶灰岩,下部常有紫红色碎屑岩夹层,中上部岩层面多有波痕构造,产有双壳动物化石。大水金矿床断裂构造为 SN 向、NE 向、NW 向和 NWW—EW 向,其中低级序 NWW—EW 向断裂构造对矿体或者岩脉起到控制作用。矿区内岩浆岩较发育,主要为中酸性岩脉(图 1)。

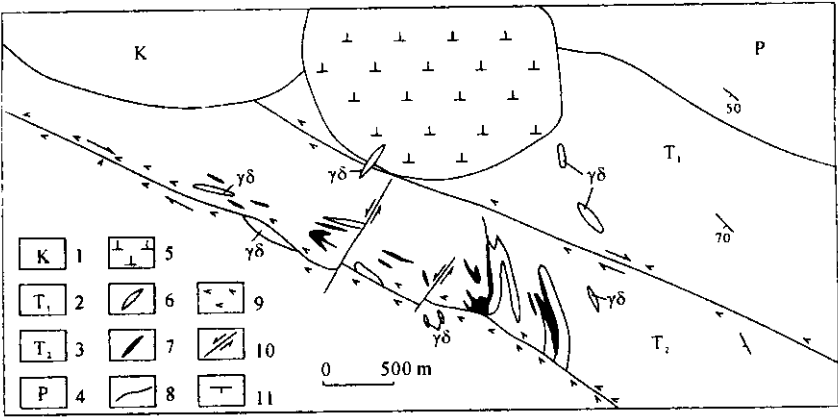


图 1 大水金矿床地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the Dashui gold deposit

- 1-白垩系 2-三叠系下统 3-三叠系中统 4-二叠系 5-花岗闪长斑岩 6-花岗闪长斑岩脉;
7-金矿体 8-不整合界线 9-构造角砾岩带 10-压扭性断层 11-地层产状
1-Cretaceous 2-Lower Triassic 3-Middle Triassic 4-Permian 5-granodiorite-granophyre 6-gold body;
8-discordant boundary line 9-tectonoc breccia belt 10-compressive and torsion fault 11-occurrence

矿体主要产于下三叠统马热松多组碳酸盐岩地层及燕山期花岗闪长岩脉内外接触带中,断裂控矿特征明显,矿体走向为近于 SN 向、近 EW 向、NW 向和 NWW 向,矿体倾角 $45^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 矿体形态为似层状、长条状、透镜状、囊状、筒状和脉状等,矿体长 20~280 m,厚度 0.66~26.39 m,金品位介于 $(1.0 \sim 62.16) \times 10^{-6}$ 之间,平均金品位为 11.70×10^{-6} 。

矿石矿物主要有黄铁矿、赤铁矿、黄铜矿、蓝铜矿、自然金和褐铁矿等;非金属矿物主要有石英、方解石、绢云母、绿泥石、角闪石和黑云母等。围岩蚀变主要为硅化、碳酸盐化、赤铁矿化、褐铁矿化,其次为高岭土化、绿泥石化、绢云母化、黄铁绢英岩化、黄钾铁钒化及孔雀石化等,其中硅化、碳酸盐化、黄铁绢英岩化与金矿化关系最为密切。

2 矿床同位素地球化学特征

2.1 硫同位素

对大水矿床中 13 件硫化物组成分析结果表明(表 1),矿床内 $\delta^{34}S$ 值变化范围较窄($-1.8\text{‰} \sim +4.1\text{‰}$),极差为 5.9‰,平均值为 $+2.4\text{‰}$,塔式分布特征明显(图 2),以 $+2\text{‰} \sim +3\text{‰}$ 为塔峰,反映硫的深部来源特征。

2.2 碳、氧同位素

碳酸盐的碳、氧同位素分析采用 100% 磷酸法,用 MAT251EM 质谱仪测定, $\delta^{13}C$ 以 PDB 为标准, $\delta^{18}O$ 分别以 PDB 和 SMOW 为标准,分析精度为 $\pm 0.20\text{‰}$ 。

灰岩 $\delta^{13}C_{PDB}$ 介于 $-1.2\text{‰} \sim +3.4\text{‰}$ 之间,平均

① 闫升好, 1998. 甘肃大水特大型富赤铁矿硅质岩型金矿床成因研究. 78.

表 1 大水金矿硫同位素分析结果
Table 1 Sulfur isotope composition of the Dashui gold deposit

序号	样号	样品名称	$\delta^{34}\text{S}_{\text{VCDT}}/\text{‰}$
1	YD49	黄铁矿	2.2
2	YD19	黄铁矿	-1.8
3	HDpy-99	黄铁矿	4.1
4	HDpy-6	黄铁矿	1.8
5	HDpy-7	黄铁矿	2.1
6	HDpy-17	黄铁矿	3.1
7	HDpy-8	黄铁矿	2.8
8	HDpy-13	黄铁矿	3.2
9	HDpy-2	黄铁矿	1.6
10	HD167	黄铁矿	3.4
11	HD180	黄铁矿	2.1
12	HD171	黄铁矿	3.8
13	YD49	黄铁矿	2.8

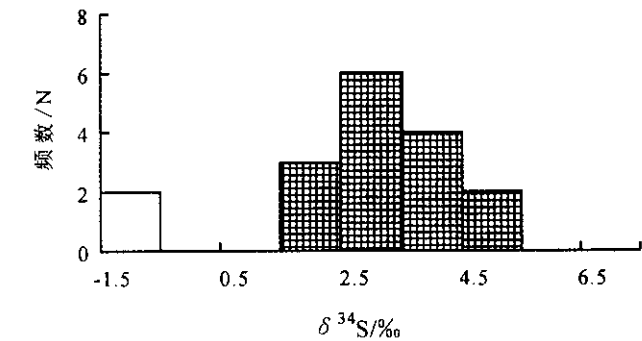


图 2 大水金矿床硫同位素组成频数直方图解
Fig.2 Histogram of sulfur isotope composition of pyrite from the Dashui gold deposit

值为 +0.83‰ $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ 为 -21.6‰ ~ -5.4‰,平均值 -13.29‰(表 2)。在 $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 关系图上,含矿灰岩位于花岗岩范围之内或者附近,不含矿灰岩样品主要集中于海相碳酸盐或者附近(图 3)。二者的 $\delta^{13}\text{C}$ 差别不大,而 $\delta^{18}\text{O}$ 明显不同,发生大幅度漂移,说明含矿灰岩是由岩浆水或大气降水与海相碳酸盐反应形成的。

表 2 大水金矿灰岩碳、氧同位素组成
Table 2 Carbon,oxygen isotope composition of limestone in the Dashui deposit

序号	样品号	采样位置	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$
1	HD68	大水金矿	0.5	-14.4	16.02
2	HD69	大水金矿	1.0	-18.8	11.48
3	HD71	大水金矿	1.1	-19.6	10.66
4	HD73	大水金矿	0.7	-9.6	20.96
5	HD74	大水金矿	-0.1	-7.1	23.54
6	HD75	大水金矿	0.6	-10.3	20.24
7	HD80	大水金矿	1.6	-6.7	23.95
8	HD122	大水金矿	3.4	-17.0	13.34
9	HD124	大水金矿	2.2	-20.3	9.93
10	HD126	大水金矿	2.5	-16.9	13.44
11	YD31-3	大水金矿	1.0	-11.2	19.31
12	YD32-3	大水金矿	-1.0	-9.8	20.76
13	YD39	大水金矿	-0.4	-12.8	17.66
14	L-D	大水 92 线	-1.2	-21.6	8.6
15	1022-53	大水 ZK-1022	0.1	-5.4	25.3
16	D1	大水	1.3	-11.2	19.3

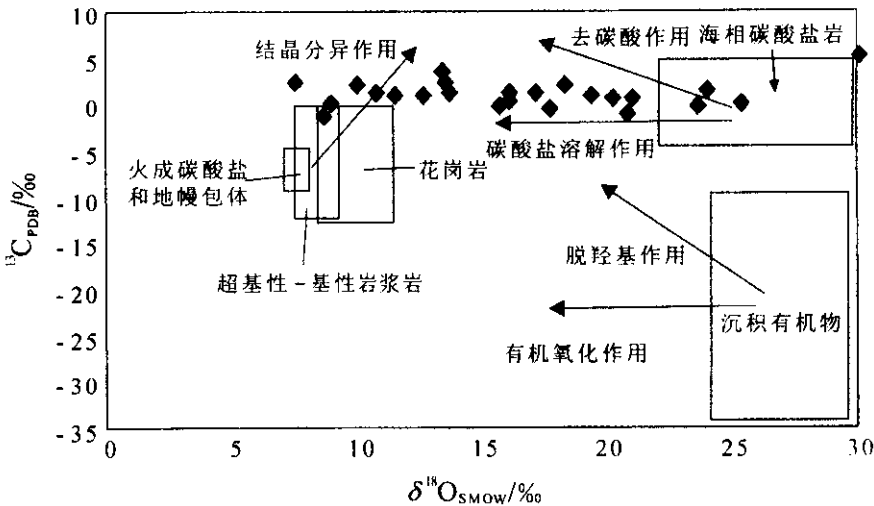


图 3 大水金矿田灰岩 $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ 关系图解(底图根据刘建明,1998)
Fig.3 $\delta^{13}\text{C}$ versus $\delta^{18}\text{O}$ diagram of limestone from the Dashui gold deposit(after Liu Jianming et al.,1998)

2.3 氢、氧同位素

大水金矿床 10 件方解石的氧同位素和氢同位素结果列于表 3 中。方解石矿物的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 分布于 $+6.63\text{‰} \sim +19.42\text{‰}$ 之间,根据同一样品流体包裹体资料,按照 O'Neil (1969) 同位素分馏方程(即 $1000 \ln \alpha = 2.78 \times 10^6 T^{-2} - 2.89$),计算所得 $\delta^{18}\text{O}$ 水介于 $-4.32\text{‰} \sim 8.33\text{‰}$ 之间。将这些数据投入到 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 图解上,早期方解石 3 个样品投入到岩浆水范围之内,4 件样品位于岩浆水范围附近 晚期方解石样品均落于岩浆水和大气降水之间,这个变化趋势表明,成矿流体在成矿早期是以岩浆水为主,晚期为大气降水混合,与 δD 给出的信息完全吻合(图 4)。图 4 中部分样品距离大气降水线较近,而另一些样品距离大气降水线较远,这种“ $\delta^{18}\text{O}$ 漂移”现象,反映了大气降水与岩石中氧同位素发生不同程度交换的结果。

据 Taylor (1979),在发生水/岩同位素交换时有如下的公式:

表 3 大水金矿床方解石氢、氧同位素组成

Table 3 Hydrogen and oxygen isotope composition of ore-forming fluids in the Dashui gold deposit

序号	样号	样品名称	$\delta\text{D}_{\text{SMOW}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}/\text{‰}$	W/R
1	HD9-1	方解石	-85	+19.42	8.33	0.75
2	HD9-2	方解石	-78	+19.21	8.12	0.81
3	HD10-1	方解石	-75	+18.59	7.51	0.89
4	HD10-2	方解石	-76	+18.90	7.81	0.85
5	HD11	方解石	-90	+7.87	-3.10	0.99
6	HD12	方解石	-90	+19.31	8.22	0.78
7	HD13	方解石	-101	+18.39	7.31	0.90
8	HD107	方解石	-99	+16.43	5.37	0.96
9	HD112	方解石	-100	+7.7	-3.26	1.00
10	HD133	方解石	-98	+6.63	-4.32	1.00

注 测试成果由中国地质科学院矿产资源研究所王成玉分析。
计算采用的分馏方程为: $1000 \ln \alpha_{\text{方解石-水}} = 2.78 \times 10^6 T^{-2} - 2.89$ (转引自于魏菊英等,1988)。

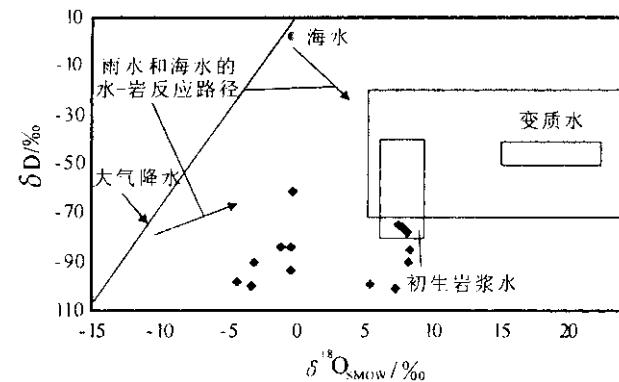


图 4 成矿流体氢氧同位素组成图解

Fig. 4 Hydrogen and oxygen isotopic compositions of ore-forming fluids

$W/R(\text{水/岩石}) = (\delta_{\text{初}} - \delta_{\text{末}}) / (\delta_{\text{初}} - \delta_{\text{水}})$

公式中间“末”表示交换后;“初”表示交换前。在成矿初始阶段成矿流体为岩浆水, $\delta_{\text{初}}^{\text{水}}$ 为 9.1‰ , $\delta_{\text{初}}^{\text{岩}}$ 为 20‰ ,可以算得大水矿区 $W/R(\text{水/岩石})$ 比值约为 $0.75 \sim 1.00$,因此,岩浆水虽然在成矿流体中占有一定比例,但是所占比例不高,晚期成矿流体是以经过交换的大气降水为主,这个计算结果与 $\delta^{18}\text{O}-\delta\text{D}$ 关系图解是一致的。

3 流体包裹体地球化学

3.1 流体包裹体特征

大水金矿床流体包裹体形态为不规则的菱形、长条形、圆粒形、米粒形和不规则的长管形。从镜下观察可知,方解石中的流体包裹体较为发育,且形态各异。形态各异包裹体的共存现象说明了大水矿床在形成过程中可能遭受了后期热动力作用。

方解石中原生流体包裹体大小为 $3 \sim 90 \mu\text{m}$,大多集中于 $10 \sim 25 \mu\text{m}$,而粒径较小的包裹体主要是一些单相包裹体和部分气液包裹体,尤其以次生包裹体更为明显。大水金矿床石英粒度很小($0.05 \sim 0.1 \text{ mm}$),且石英内多数含有杂质、尘状铁质和泥状物,包裹体不发育,似碧玉岩或硅质岩矿石主要由隐晶-微晶质石英组成,其中的流体包裹体个体非常小,此次工作未能测得微晶质石英流体包裹体的同位素组成数据,仅在石英样品内见有熔融的包裹体。在长石中见有 2 相气液包裹体,气液比大小为小于 10% ,包裹体呈不规则状,内部杂乱无章,看不清其相态的变化,有的包裹体在降温后回温时气相不再出现(气相在 0°C 出现),无法测定其盐度。所以在测温过程中选择的都是以方解石为主矿物的包裹体。

方解石中的包裹体大多数无色透明,气、液相之间界线十分清楚。少部分包裹体中液相成分呈暗灰色,大部分气相成分呈现灰色、灰黑色。包裹体气液比大小有差异,大多数为 $5\% \sim 10\%$,仅有少部分小于或等于 5% 。

3.2 成矿流体温度

对大水金矿床共测得包裹体 6 件,其均一温度变化范围为 $100 \sim 400^\circ\text{C}$,成矿温度峰值区间变化范围为 $150 \sim 200^\circ\text{C}$,从测温结果来看,该矿床属于中低温热液矿床。

3.3 成矿盐度和密度

大水金矿盐度变化范围为 $2.70\% \sim 9.10\%$,平均为 4.88% ,大部分成矿流体盐度集中于 $2\% \sim 5\%$

范围,表明该矿区成矿流体盐度都很低。根据 Roedder(1980)编制的 NaCl-H₂O 体系中 *P*(压力)-*T*(温度)-*D*(密度)图解,求得大水金矿床成矿流体密度为 0.875~970 g/cm³,属于中等密度流体。

3.4 成矿压力和深度的估计

利用 Roedder(1980)编制的 NaCl-H₂O 体系的 *P*-*T*-*D* 图解,用插入法即可估计其压力。该图是根据 *P*-*T*-*D* 总图解,将最常用的部分加以放大绘制而成。图中的等压线是根据 Fisher(1976)绘制而成的,标定有 0 的粗线表示纯水两相分界线,即该线之上为均一化的流体相,代表流体包裹体的均一化状态,该线之下为液相+蒸汽相。同理根据 Hass(1971)资料绘制出 5%~25% NaCl 水溶液的两相分界线,这样就可以从得到气液包裹体的均一温度和盐度(密度)就可获得压力值。根据上述方法,获得大水金矿成矿压力范围为 40.50~101.30 MPa,成矿压力范围较大。

由地球内部 0~35 km 压力平均增长率为 28.5×10⁶ Pa/km,可以计算出大水金矿区成矿的深度介于 1.40~3.55 km 范围,结合含矿围岩为斜长花岗岩和灰岩,认为该矿床形成于中浅成深度。

4 成岩和成矿时代

大水金矿北部格尔阔合岩体的⁴⁰Ar/³⁹Ar 坪年龄为 235.4±1.3 Ma,等时线年龄为 235.2±2.3 Ma(王平安等,2000),全岩 K-Ar 法年龄为 190.0~190.6 Ma,Rb-Sr 等时线年龄为 174.3 Ma^①。格尔珂金矿床花岗闪长岩脉体⁴⁰Ar/³⁹Ar 坪年龄为 222.5±2.6 Ma,等时线年龄为 223.0±2.8 Ma^②;此次工作获得大水地区花岗岩中磷灰石裂变径迹年龄为 117.9±4.9 Ma 至 189.4±5.2 Ma(33 件)。上述成岩成矿时代表明:大水金矿床成岩时代为印支至燕山期,成矿经历了两期成矿作用,即该矿床是多次构造-岩浆活动的产物。

5 结论

(1) 包裹体地球化学资料研究表明,大水金矿床成矿温度为 100~400 ℃(以 150~200 ℃最为集中),成矿压力为 40.50~101.30 MPa,盐度为 2.70%~9.10%(以 2%~5%居多),成矿流体密度为 0.875~970 g/cm³,属于中等密度流体。

(2) 大水金矿床氢和氧同位素变化范围较大,δD_水 为 -61.1‰~-101‰,δ¹⁸O_水 介于 -4.32‰~-8.33‰之间,表明该矿床早期成矿流体来自于岩浆水,晚期为改造的大气降水,成矿流体具有混合成因的特征。

(3) 矿床内 δ³⁴S 值介于 -1.8‰~+4.5‰之间,塔式分布特征明显,以 +2‰~+3‰为塔峰。硫同位素组成特征表明,其成矿物质具有深部来源特征。

(4) 碳、氧同位素组成特征研究表明,在早期成矿阶段,由岩浆分异作用形成的岩浆水参与了金成矿作用,在晚期成矿阶段,大气降水显著增加。

(5) 矿区花岗闪长岩脉和北部格尔阔合花岗闪长岩体形成于印支-燕山期(175~235 Ma),但矿区的花岗闪长岩脉形成时代要晚于北部的格尔阔合岩体,大水金矿床至少经历燕山期和喜马拉雅期两次成矿热事件作用,燕山期为成矿物质奠定物质来源和基础,喜马拉雅期区域隆升使矿床金品位进一步提高。

致谢 在野外工作期间,得到甘肃省地质勘探局第三地质大队李真善高级工程师、谢建强高级工程师和李永军工程师的大力帮助。流体包裹体测试工作由地质科学院陈伟石老师完成,稳定同位素测试得到了矿床所白瑞梅老师和王成玉老师的大力支持,在此深表谢意。本文承蒙李延河研究员和陈文博士审核,并提出多处修改意见,笔者表示衷心的感谢!

参 考 文 献

杜子图,吴淦国.1998.西秦岭地区构造体系及金成矿构造动力学.北京:地质出版社,93~100.
高兰.1998.大水式金矿床——我国新发现的一种金矿成因类型.矿床地质,17(Sup.) 389~392.
刘建明,刘家军,郑明华等.1998.微细浸染型金矿床的稳定同位素特征与成因研究.地球化学,27(6) 585~591.
李荫清,陈殿芬.1995.吉林小西岔金铜矿床流体包裹体及成矿作用研究.矿床地质,14(2) 151~173.
王安建,高兰,闫升好等.1998.大水式金矿床成因和分布规律探讨.矿床地质,17(Sup.) 267~270.
王平安,陈毓川,裴荣富等.1998.秦岭造山带区域矿床成矿系列、构造-成矿旋回与演化.北京:地质出版社,161.
魏菊英,王关玉.1988.同位素地球化学原理.北京:地质出版社,166.

① 甘肃省地质勘探局第三地质大队、化探队.1994.甘肃省西秦岭南亚热带金锰成矿带成矿远景区划报告.
② 王平安,董法先,刘晓春等.2001.甘肃南部及邻区金铜成矿条件、矿床勘查模型及找矿靶区优选.中国地质科学院地质力学研究所科研报告,100~197.

闫升好,王安建,高兰等. 2000. 大水式金矿床稳定同位素、稀土元素地球化学研究. 矿床地质, 19(1) :37~45.

闫升好,王安建,高兰等. 2000. 大水式金矿床地质特征及成因探讨. 矿床地质, 19(2) :126~136.

张理刚. 1985. 稳定同位素在地质科学中的应用. 西安 陕西科学技术出版社, 267.

杨恒书,张风岭,殷鸿福等. 1996. 西秦岭造山带演化与成矿. 四川地质学报, 16(1) ,73~79.

References

Du Zitu,Wu Gangguo. 1998. Study on tectonic systems and gold metallogenic tectono-dynamics in the regional west Qinling Mountains. Beijing : Geological Publishing House, 93 ~ 100 (in Chinese with English abstract).

Gao Lan. 1998. Dashui type gold deposit-A new kind of gold deposit in China. Mineral Deposits, 17 (Sup.) :389 ~ 392 (in Chinese with English abstract).

Jingwen Mao, Yumin Qiu, Richard J Goldfarb et al. 2002. Geology, distribution, and classification of gold deposits in the western Qinling belt, central China. Mineralium Deposita, 37 :352~357.

Liu Jianming, Liu Jiajun, Zheng Minghua et al. 1998. Study on the stable isotope characteristics and genesis of disseminated gold deposits. Acta Geological Geochemica, 27 (6) :585 ~ 591 (in Chinese with English abstract).

Li Yinqing, Chen Dianfen. 1995. A study of fluid inclusions and ore-forming pricess of the Xiaoxinancha gold-copper deposit, Jilin province. Mineral Deposits, 14 (2) :151 ~ 173 (in Chinese with English abstract).

Ottinga Y. 1969. Calculated fractionation fractionation factors for carbon and hydrogen isotope exchange in the system calcite-carbon dioxide-graphite-methane-hydrogen-water vapor. Geochimica et Cosmochimica Acta, 33(1) :49~64.

O'neil J R et al. 1969. Oxygeon isotope fractionation in divalent metal Carbonates. J chem Phys. ,51 :5547.

Oedder E, Bodnar R J. 1980. Geologic pressure determinations from fluid inclusion studies. Ann. Rev. Earth. planet. Sci. ,8 :263~301.

Wang Anjiang, Gao Lan, Yang Shenghao et al. 1998. Genesis of Dashui type gold deposits and discussion their distribution law. Mineral Deposits, 17(Sup.) :267~270 (in Chinese with English abstract).

Wang Ping'an, Chen Yuchuan, Pei Rongfu. 1998. Regional minero-genetic series, tectonic minerogenetic cycles and revolution of Qinling orogen belt. Beijing : Geological Publishing House, 161 (in Chinese with English abstract).

Wei Junying, Wang Guanyu. 1988. Isotope geochemistry princepal. Beijing : Geological Publishing House, 166 (in Chinese with English abstract).

Yang Hengshu, Zhang Fengling, Yin Hongfu et al. 1996. Orogen revolution and mineralization. Acta Geologica of Sichuan, 16(1) :73~79 (in Chinese with English abstract).

Yan Shenghao, Wang Anjiang, Gao Lan et al. 2000. REE geochemistry and stable isotopes at Dashui type gold deposits. Mineral Deposits, 19(1) :37~45 (in Chinese with English abstract).

Yan Shenghao, Wang Anjiang, Gao Lan et al. 2000. Geological characteristics and genesis of the Dashui type gold deposits. Mineral Deposits, 19(2) :126~136 (in Chinese with English abstract).

Zhang Ligang. 1985. Stable isotope using on earth science. Xi'an : Shanxi Science and Technology Publishing House, 267.