文章编号: 1001—6996 (2011) 01—0016—07

中秦岭正河金矿床控矿构造特征及其成矿作用分析

韩俊民, 王力群, 张启, 汪道东

(西北有色地质勘查局712总队, 咸阳 712000)

摘 要: 本文讨论了中秦岭正河金矿床的成矿地质特征, 结合成矿流体物理化学条件、构造控矿作用, 提出山阳—凤镇深大断裂是矿床的导矿构造, 蚀变矿化带受控于次级背斜构造核部的轴面劈理化带。其成矿作用经历了热水沉积—变质变形—构造热液叠加的构造演化过程。认为蚀变岩型金矿主要分布于金银沟至庙沟Ⅰ带, 矿区11~15线以及31线是寻找石英脉型金矿的有利地段。

关 键 词: 金矿床; 控矿构造; 蚀变矿化带; 成矿作用; 正河

中图分类号: P618.510.2 **文献标识码**: A

正河金矿位于陕西省宁陕县北部。自1995年发现以来, 对于矿床的控矿因素、矿体分布规律及其成因等一直争议颇大, 矿区找矿潜力不甚明确。2002~2006年, 受国家资源补偿费项目资助, 矿区地质勘查工作取得了较大进展。本文依据近年来地质工作资料, 着重探讨了褶皱与金矿化的关系、含金剪切带的构造性质及其它构造控矿因素, 结合成矿物理化学条件分析, 提出了一些新的地质认识, 这对于正河金矿的进一步找矿工作有着重要的现实意义。

1 成矿地质背景

正河金矿床位于中秦岭印支褶皱带凤县—镇安构造地层区北缘。山阳—凤镇断裂分布于矿区北侧, 对其两侧的沉积建造、古地理环境及金属成矿具有主要控制作用。

矿区出露地层为中上泥盆统古道岭组和星红铺组细碎屑岩—碳酸盐建造, 沉积环境为浅海陆棚与碳酸盐台地交互相, 变质作用达绿片岩相。金矿赋存于古道岭组下岩段, 含矿岩石为黑云钠长石英片岩、二云钠长石英片岩、黑云钠长石英岩、黑云石英片岩等, 具类复理石韵律结构。初步研究认为, 这套岩石为富钠硅质岩, 具热水沉积特征[6,7], 与金成矿有关。

矿区主构造线呈近东西向展布 (图1), 近EW向构造与NE-NNE向构造相叠加, 构成矿区基本构造格局。地层走向100°~110°, 以向北陡倾为主。岩石变形强, 主要为低序次

收稿日期: 2010—08—12

作者简介: 韩俊民, 男, 47岁, 中国地质大学 (武汉) 在职硕士研究生, 从事地质勘查及管理工作。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

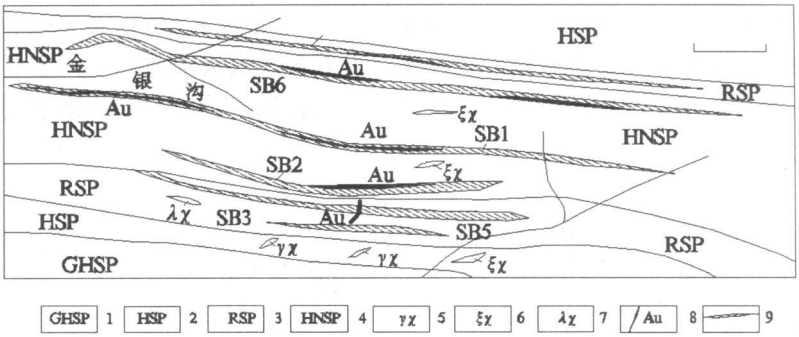

图 1　正河金矿区地质简图

Fig. 1　Geological sketch map of Zhenghe gold district

1. 钙质黑云石英片岩; 2. 黑云石英片岩; 3. 二云石英片岩; 4. 黑云钠长石英片岩; 5. 花岗斑岩脉; 6. 云斜煌斑岩脉; 7. 石英钠长斑岩脉; 8. 金矿体; 9. 含金蚀变带

紧闭型褶曲。断裂构造主要有四组 (近 EW 向、NE- NNE 向、NW 向及 SN 向), 含金矿化带主要赋存于近东西向构造带内。矿区内未见规模较大的岩浆岩体, 但各类中生代中酸性岩脉较发育, 如花岗细晶岩、石英钠长斑岩、云斜煌斑岩等。

矿区已发现七条含金矿化带, 产状基本一致, 呈北西西向相互平行展布, 间距 30~ 150 m 不等。长度一般 500~ 1000 m, 最长 3600 m, 一般呈板状、似层状、透镜状, 在含金矿化带内已圈定多个金矿体。矿区有两种成矿类型, 即蚀变岩型和石英脉型。前者赋存于近东西向蚀变矿化带内, 规模较大, 是正河金矿的主要组成部分。单矿体长 100~ 320 m, 厚 0. 4 ~ 2. 43 m, 金品位偏低; 后者赋存于斜向含金石英脉带内, 长 15~ 65 m, 厚 0. 5~ 3 m, 金品位较高。

矿石矿物成分较简单。金属矿物有黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、磁黄铁矿、闪锌矿等, 非金属矿物主要有石英、绢云母、钠长石、方解石、黑云母、绿泥石等。矿石类型分为三种, 即黄铁矿 —石英脉型、多金属硫化物—石英脉型和黄铁矿 —蚀变岩型。主要蚀变有硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、钠长石化及碳酸盐化。

2　控矿构造特征

2. 1　山—凤断裂的控矿作用

山阳 —凤镇断裂是柞水—山阳残留海盆与凤县 —镇安裂陷海盆的分界构造, 呈 NWW 向延展, 北倾, 倾角 60°~ 80°, 具有长期复杂的构造演化史, 区内常呈现为韧脆性剪切带。海西期它是控制沉积盆地演化的巨型同生断裂, 成矿物质沿该断裂以热水喷流方式进入含矿地层。印支—燕山期沿山 —凤断裂发生强烈的构造—岩浆活动, 为金矿形成创造了不可缺少的热动力条件[1, 3]。正河金矿分布于山 —凤断裂南侧 1. 5~ 4. 0 km, 为该断裂长期构造活动的影响范围, 区内地化异常、矿化带 (体) 展布方向与其一致, 清晰地显示了山—凤断裂对金成矿的控制作用。

2. 2　褶皱与金矿化

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www

矿区褶皱构造复杂，主要为黄白沟—冷水沟背斜（Ⅱ级），属鸡公梁复向斜（Ⅰ级）北翼的次级褶皱。该背斜两翼总体向北同斜产出，发育各类次级褶曲，不同岩层重复出现，因而地层层序关系不易确定。作者在野外调研的基础上，依据横穿矿区的地质剖面图对该褶皱进行了构造恢复（图 2）。

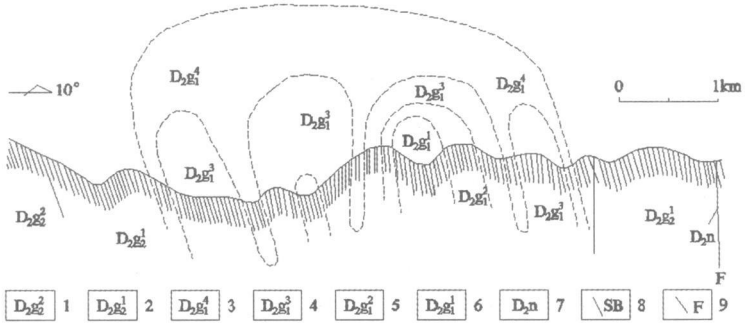

图 2 正河金矿区地质剖面图

Fig. 2 Geological section of Zhenghe gold mine area

1. 黑（二）云石英片岩；2 钙质黑云石英片岩；3 大理岩夹黑云石英片岩；4 钙质黑（二）云石英片岩；5 二（黑）云石英片岩；6 黑云钠长石英片岩；7. 板岩夹二云片岩；8 含金矿化带；9 断层

研究表明，①这是一个以古道岭组下岩段为核部的复式背斜，几何形态上呈倒转紧闭褶皱，呈线状延伸，轴面北倾，翼间角小于 30°；②两翼发育多个次级褶曲（Ⅱ级），两翼岩石总体向北陡倾，故北翼地层产出基本正常，南翼地层多为倒转；③背斜属弯滑褶皱，发育层间不对称褶皱、层间蚀变破碎带、热液脉等；④含金矿化带恰产于复背斜核部，其产状与背斜轴面、两翼片理基本平行，其它Ⅱ级褶曲核部均不同程度地分布有矿化点（带）；⑤成矿带展布方向与该背斜枢纽基本一致，主要地化异常和矿化带沿褶曲核部分布。由此可见，EW 向蚀变矿化带受该背斜控制，金矿的形成与褶皱构造活动有关，褶皱（核部）是金成矿的配矿构造[8]。在整个成矿过程中，配矿构造连接导矿构造和容矿构造，对含矿热液的运移、沉淀成矿起着配置作用，从而构成一个完整的成矿热液构造系统。结合区域成矿地质背景，认为褶皱变形主要发生在印支期。

2.3 EW 向剪切带与金矿化

EW 向剪切带是矿区主要的含金构造带，一般宽 3~ 10 m，个别达 30 m。带内面理极其发育，密集平直，相互平行，属剪性面理。沿该组面理常充填石英及石英钠长细（网）脉，部分斜切面理。通常在中心部位，有一石英主脉（厚 20~ 80 cm），形态不规则，边缘多弯曲不平，显张性特征。由主脉向两侧，面理逐渐稀疏，热液脉逐步变稀变小以至消失，蚀变程度也趋于减弱。早期为左行剪切作用，后期显张性。矿化带蚀变作用总体不强，组合简单，主要类型有硅化、钠长石化、透闪石化、绿泥石化、碳酸盐化及黄铁矿化等。与金矿化关系密切的蚀变组合是硅化、黄铁矿化和褪色化，当这三种蚀变复合出现时，金矿化有增强趋势。

根据其地质—构造特征，可将矿化带由内向外划分为三个构造亚带，即主脉带、细脉带及劈理带。主脉带蚀变矿化较强，常赋存金矿体，金品位一般 1.03~ 4.69 × 10^{-6}，最高

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

32. 19×10⁻⁶。细脉带发育构造面理和石英（钠长）细脉，金矿化减弱，金品位一般 0. 52~ 1. 64×10⁻⁶。劈理带发育构造面理，金矿化很弱，金品位一般 0. 20~ 0. 56×10⁻⁶，向外过渡为围岩。构造带与围岩呈连续过渡关系，没有清晰的构造界面相分开，其边界以金含量 200×10⁻⁹圈定。金矿体赋存于构造带内，与构造带呈渐变过渡关系，其界线需依靠分析成果予以确定。

含金矿化带产状与地层片理基本一致，显剪—张性，均分布于黄白沟—冷水沟背斜核部，向北、向南离开背斜核部则尚未发现这种构造带。初步认为，这种构造带属轴面劈理化带，是在褶皱轴面面理的基础上，经剪切作用形成的剪裂型劈理化带。

2. 4　斜向构造

矿区斜向构造主要为 NE- NNE 向断裂，显压剪性，明显切割 EW 向构造。①NE 向断裂常赋存石英脉型金矿，金品位一般 3. 28~ 16. 78×10⁻⁶，最高 83. 40×10⁻⁶。顶底板见碎裂岩化、片理化，产状 130°~ 140°∠50°~ 65°，与主构造线呈斜交关系，是早期左行剪切作用下形成的斜向剪张性构造。这组构造常叠加于 EW 向矿化带之上，其含金性一般比蚀变矿化带好，说明石英脉型金矿化可能是区内金成矿的主要阶段。②NNE 向构造主要表现为剪节理带和片理化带。剪节理带一般厚 1~ 3m，由多条剪节理组成，节理面平直光滑，延伸稳定，一般不含矿，产状 90°~ 115°∠55°~ 75°。局部切割 NE 向含金石英脉，说明 NNE 向构造晚于 NE 向断裂。片理化带一般厚 20~ 70 cm，个别 1~ 2 m，产状 100°~ 120°∠35°~ 50°。带内主要为绿泥绢云片岩（构造片岩），发育片理化、S- C 组构，蚀变较强，常充填石英（钠长）细脉，金品位 0. 12~ 0. 78×10⁻⁶，具备一定的成矿前景。

3　成矿物理化学条件

3. 1　成矿流体物理化学条件

3. 1. 1　流体包裹体类型

可分为四种类型，以三相包体为主。①单相包体：包括单相水溶液包体、CO_2 包体、有机包体，数量很少。②两相包体：包括两相液体包体、气体包体，数量较少。③三相包体：主要为含 L_{ω_2} 包体、L_{ω_2} 包体，其中含 L_{ω_2} 包体是主要包体类型，占包体总量60~ 80%，常温下由 $L_{CO_2}+H_2O+NaCl$ 及 V_{CO_2} 组成。④含子晶多相包体：数量极少。总之，矿床包体发育，类型复杂，以富 CO_2 包体为特征，热液为非均匀流体，主成矿期 CO_2 含量明显高于早期阶段，是金沉淀成矿的有利因素。

3. 1. 2　流体物理化学条件

据测定，矿石均一温度为 152°~ 419℃，平均 286℃，成矿集中于 128°~ 380℃，从早到晚成矿温度依次降低（表 1），属中温成矿。估测压力 50~ 143 mpa，平均 99. 5 mpa，随成矿作用演化压力值逐渐降低，从Ⅰ到Ⅱ阶段压力降低 23. 5 mpa，可能导致Ⅱ阶段减压沸腾。成矿深度为 1. 85~ 5. 49 km，平均 3. 69 km，从早到晚矿化深度逐渐变浅，属浅—中深环境。热液盐度 1. 2~ 40. 8 wt% NaCl，平均 11. 5 wt% NaCl，主成矿阶段盐度明显增大。密度 0. 67~ 1. 08 g/ cm³，平均 0. 90 g/ cm³，属低盐度、中—高密度范围。PH 值早期平均 5. 64，主成矿期平均 5. 23，成矿溶液显示中偏酸性。Eh 值早期平均-0. 65，主成矿期平均

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www

0. 62，显示成矿热液为中偏酸性、还原性流体，且从早到晚向酸性、氧化方向演化。

表 1 流体物理化学条件测试值表

Tab. 1 Test results of fluid inclusions in ores

	早期		主成矿期		晚期	
	范围	平均	范围	平均	范围	平均
均一温度(℃)	216~ 419	311	176~ 403	289	152~ 242	201
压力(mpa)	106~ 148	123	80~ 121	99. 6	50~ 80	68. 7
深度(km)	3. 92~ 5. 49	4. 56	2. 99~ 4. 47	3. 69	1. 89~ 3. 07	2. 54
盐度(wt %)	3~ 16. 8	8. 6	1. 2~ 40. 8	12. 5	3. 8~ 19. 4	10. 3
密度(g/ cm^3)	0. 68~ 0. 94	0. 81	0. 62~ 1. 08	0. 91	0. 88~ 1. 03	0. 93
CO_2(g/l)	87~ 218	138	146~ 437	306		
CO_2/H_2O	0. 087~ 0. 219	0. 125	0. 146~ 0. 437	0. 258		
mSO_4^{2-}		0. 21		8. 0		
Cl^-(g/l)		44. 9		79. 8		
F^-(g/l)		4. 12		15. 8		

(测试单位：西北有色地质研究所，1998)

3. 1. 3 流体成分特征

成矿流体以 H_2O 为主，富含 CO_2、SO_4^{2-}，$K^+ > Na^+$，$Ca^{2+} > Mg^{2+}$，$SO_4^{2-} > Cl^- > F^-$，从早期到主成矿期 CO_2、SO_4^{2-}、Cl^-、F^- 大幅增加，为 $CO_2-NaCl-H_2O$ 体系，离子组合属 $Ca^{2+}-K^+$ (Na^+) $-SO_4^{2-}-Cl^-$ 型。

3. 2 硫同位素组成

矿床硫同位素分析表明，沉积成岩期 $\delta^{34}S$ 平均值 5. 39‰，极差较小，具深源硫特征，反映泥盆纪海底热水喷流作用。热液改造期 $\delta^{34}S$ 值为 6. 76~ 10. 29‰，极差 3. 53‰，平均 8. 51‰，全部正向偏离陨石硫，均一化程度较高，以较富集重硫和中等变异为特征，显示沉积热液矿床特征。矿液总硫 $\delta^{34}S$ 值 8. 5‰，中晚期热液总硫 $\delta^{34}S$ 值 10‰，硫源具混合源特征。从沉积成岩到热液成矿期，$\delta^{34}S$ 值逐步增大，显示其硫源具深部幔源与浅部壳源混合的特征，成矿流体可能为地层建造水与岩浆水的混合热液。其特征与秦岭泥盆系中马鞍桥、双王、庞家河等微细浸染型金矿的硫同位素组成相似[2]，硫主要来源于泥盆系地层。

4 成矿作用分析

分析正河金矿床的成矿作用，必须与秦岭造山带构造演化过程相结合。初步研究认为，正河金矿成矿作用主要经历了如下三个阶段。

4. 1 热水沉积成岩阶段

海西期秦岭微板块处于伸展裂陷作用时期，在泥盆纪形成由同沉积断层控制的陆内断陷海盆及其沉积体系，含矿热水沿山—凤同生断裂发生广泛喷流(溢)进入海水，同时由周围古陆的风化剥蚀带来元古界和下古生界的矿质，共同参与沉积成岩过程，在本区形成了一套含热水沉积岩的浅海陆棚沉积建造，为金成矿奠定了物质基础[4,5]。硫同位素组成显示，其硫源具深部幔源与浅部壳源混合的特征。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

4.2 变形变质阶段

印支期秦岭进入俯冲碰撞造山阶段，区内主要表现为强烈的南北向挤压作用和碰撞型岩浆活动[9, 10]，变形变质作用导致一系列东西向线型褶皱和剪切带，显示由北向南的逆冲推覆作用。主变形期发生区域性EW向褶皱，其后发生左行走滑剪切变形，形成EW向和NE向含矿构造带，成矿物质发生活化、迁移和重新分配。

4.3 构造热液叠加阶段

燕山期秦岭以南北向逆冲推覆作用和相应褶皱变形为特征，并伴随中酸性岩浆活动，叠加改造下伏地层，进一步形成区内紧闭- 倒转型褶皱、逆冲推覆构造及北北东—近南北向构造。区内广泛分布的石英钠长斑岩脉暗示其深部可能存在岩浆热源[6]，岩浆期后热液与热卤水组成含矿混合流体，在岩浆活动作用下形成流体循环对流系统，对早期EW向构造带进行改造，同时向斜向断裂迁移沉淀，使成矿物质再次活化、迁移和富集。

正河金矿具有明显的层控特征，其含矿岩系含有热水沉积岩，这与双王等热水沉积型金矿相似。但正河金矿床的变形变质作用较强，印支- 燕山期以来的构造—热事件改造作用非常强，褶皱呈紧闭- 倒转型，逆冲推覆构造发育，岩石变质程度偏高，这与马鞍桥金矿相似。因此，矿床成因类型可归纳为热水沉积—变质变形—构造热液叠加型矿床。

5 结论

山阳—凤镇深大断裂是矿床的导矿构造，含金矿化带分布于黄白沟—冷水沟背斜核部，属轴面劈理化带，由内向外可分为三个构造亚带（主脉带、细脉带、劈理带），金矿的形成与褶皱构造活动有关。斜向构造主要为NE- NNE向断裂，显压剪性，晚于EW向构造。矿床包裹体发育，类型复杂，以富CO_2包体为特征，为CO_2-NaCl-H_2O体系，硫源具深部幔源与浅部壳源混合的特征。成矿作用经历了多期次的构造演化过程，主要为热水沉积成岩、变质变形作用、构造热液叠加阶段。

[参考文献]

[1] 王相，唐荣扬，李实，等. 秦岭造山与金属成矿 [M]. 北京：冶金工业出版社，1996

[2] 卢纪英，李作华，张复新，等. 秦岭板块金矿床 [M]. 西安：陕西科技出版社，2001：230~ 259，394~ 402

[3] 王集磊，何伯迟，李建中，等. 中国秦岭型铅锌矿床 [M]. 北京：地质出版社，1996：69~ 73

[4] 祁思敬，李英. 秦岭泥盆系铅锌成矿带 [M]. 北京：地质出版社，1993：26~ 29

[5] 方维萱，胡瑞忠，黄传莹，等. 热水沉积成矿盆地的热状态及热演化分析与研究思路 [J]. 西北地质科学，2000，21 (1)：10~ 13

[6] 何建中. 陕西正河金矿成矿条件、控矿因素及找矿方向 [J]. 有色金属矿产与勘查，1996，6：17~ 23

[7] 王锐，高艳青. 板沙地区含金热水沉积建造特征研究 [J]. 西北金属矿产地质，2002，28~ 29 (1~ 2)：9~

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

15.

[8] 王力群，鱼康平. 宁陕县正河金矿成矿地质特征与构造控矿作用分析 [J]. 地质构造学刊，2000，10 (2)：1 ~ 6.

[9] 王俊发，张复新，炎金才，等. 秦岭泥盆系层控金属矿床 [M]. 西安：陕西科技出版社，1991.

DISCUSSON ON CHARACTRISTICS OF ORE-CONTROLLING STRUCTURES AND THE MINERALIZATION IN ZHENGHE GOLD DEPOSIT, MIDDLE QINLING BELT

Han Jun-min, Wang Li-qun, ZhangQi, WangDao-dong

(No 712 Team of Northwestern Geoexploration Bureau for Nonferrous Metals, Xianyang, Shannxi 712000)

Abstract: According to analysis on ore-controlling characteristics of structures, sources of metallogenic material and gold mineralization, this paper suggested that the mineralized belts be controlled by anticlines in Zhenghe gold area and Shanyang-Fengzhen syngenetic sedimentary Fault is ore-conduit structure for deposit. Sulfur source is characterized by mixtures from mantle and crust, which indicated that gold mineralization experienced hydrothermal sedimentation, deformal metamorphosis and tectonic superimposition stage. Alteration rock-type gold deposits are mainly distributed in the area from Jinyingou to Miaogou area, and favorable zones for prospecting quartz-vein type gold is present in between eyploration lines 31 and 11~ 15.

Key words: gold deposit, ore-controlling structures, mineralized belt, mineralization, Zhenghe

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www