宁陕县正河金矿床构造控矿特征及矿床成因初探①

刘晓峰，王力群，王　磊，刘宏君
（西北有色地质勘查局 712 总队，陕西 咸阳 712000）

摘　要：通过对正河金矿的构造控矿特征、成矿物质来源及成矿作用的讨论，认为蚀变矿化带受控于次级背斜，为背斜核部的轴面劈理化带，山阳－凤镇深大断裂是该矿床的导矿构造。该矿床成矿作用经历了多期次的构造演化过程，成因为热水沉积－变质变形－构造热液改造型矿床。

关键词：金矿床；矿床成因；构造控矿特征；蚀变矿化带；正河；宁陕县
中图分类号：P618.51　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1001－5663(2005)02－0150－05

正河金矿位于秦岭凤县－镇安晚古生代断陷带中，是近年实施秦岭找矿战略的重要进展之一。然而，自发现以来，对于矿床的控矿因素、矿体分布规律及矿床成因等一直争议颇大，甚至仍有不少模糊认识。本文从构造控矿的角度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，结合成矿物质来源和成矿物理化学条件分析，提出了一些新的认识，这对于正河金矿的深入研究和外围找矿工作有着重要的现实意义。

1　地质概况

正河金矿床位于秦岭造山带印支褶皱带凤县—镇安构造地层区北缘。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，主要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，与金成矿关系密切。

矿区主构造线呈近 EW 向展布，地层走向为 100°～110°，以向 N 陡倾为主。岩石变形强，主要为低序次紧闭型褶曲。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 EW 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 NWW 向相互平行展布，间距为 30～150m 不等。长度为 500～1000m，最长 3600m，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 EW 向蚀变矿化带内，规模较大，是正河金矿的主要组成部分；后者赋存于斜向含金石英脉带内，规模不大，但金品位较高。

2　构造控矿特征

2.1　褶皱与金矿化

矿区褶皱构造复杂，主要为鸡公梁复向斜（Ⅰ级），其北翼的次级褶皱即黄白沟—冷水沟背斜（Ⅱ级）。该背斜两翼总体向 N 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 1）。

研究表明，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 N 倾，翼间角小于 30°；两翼发育多个次级褶曲（Ⅲ级），两翼岩石总体向 N 陡倾，故北翼地层产出基

① 收稿日期：2004－08－15　作者简介：刘晓峰（1962－），男，学士学位，高级工程师，现从事地质勘查工作。

本正常，南翼地层多为倒转。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Ⅲ级褶曲核部均不同程度地分布有矿化点(带)。成矿带展布方向与该背斜枢纽基本一致，主要化探异常和矿化带沿褶曲核部分布。

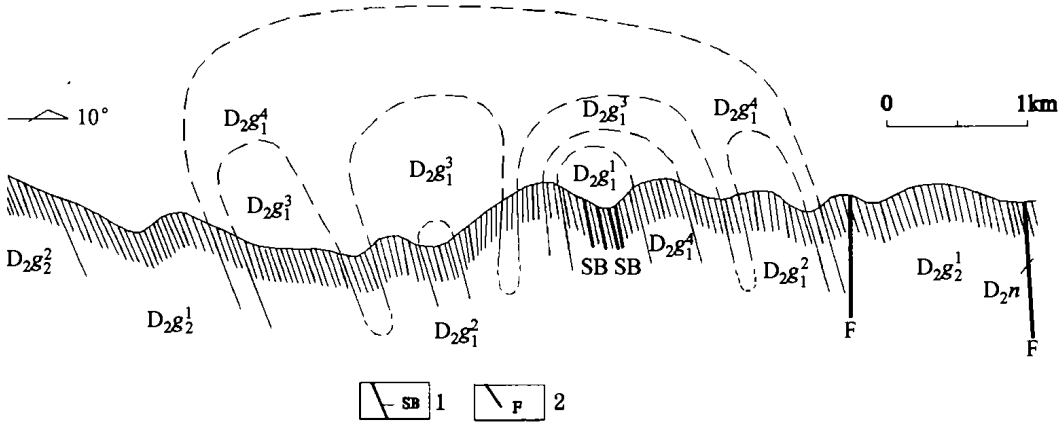

图 1　正河金矿区地质剖图

Fig. 1　Geological section of the Zhenghe gold deposit

$D_2g_2^2$－黑(二)云石英片岩　$D_2g_2^1$－钙质黑云石英片岩　$D_2g_1^4$－大理岩夹黑云石英片岩　$D_2g_1^3$－钙质黑(二)云石英片岩　$D_2g_1^2$－二(黑)云石英片岩　$D_2g_1^1$－黑云钠长石英片岩　D_2n－板岩夹二云片岩　1－含金矿化带　2－断层

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。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晚海西—印支期。

2.2　EW 向蚀变矿化带

EW 向蚀变矿化带是矿区主要的含金构造带，一般宽度为 3～10m，个别达 30m。带内面理极其发育(图 2)，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石细(网)脉，部分斜切面理。通常在中心部位，有一石英主脉(厚 20～80cm)，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。主要蚀变类型有硅化、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。

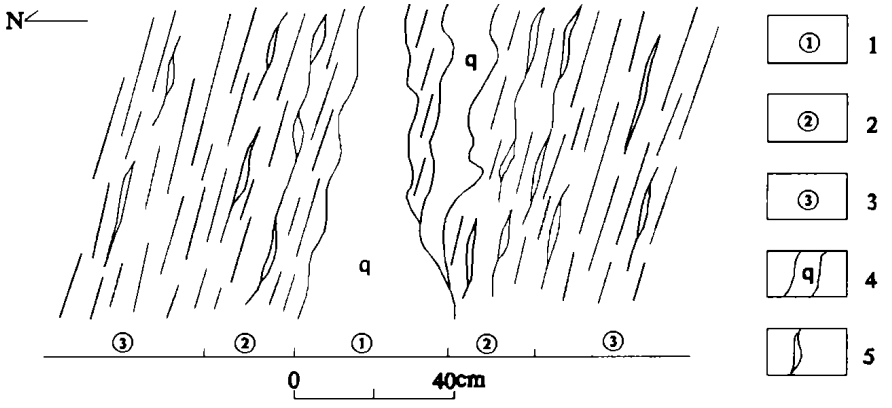

图 2　蚀变矿化带横向构造分带特征(PD5 坑)

Fig. 2　Structural zoning characteristics of alterative mineralized belt in transverse (PD5pit)

1－主脉带　2－细脉带　3－劈理带　4－石英主脉　5－石英细脉

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，金品位一般为 1.03×10^{-6}～4.69×10^{-6}，最高为 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，金品位一般为 0.52×10^{-6}～1.64×10^{-6}。劈理带发育构造面理，金矿化很弱，金品位一般为 0.20×10^{-6}～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 $w(Au)$为 200×10^{-9}的值圈定。金矿体赋存于构造带内，与构造带呈渐变过渡关系，其界限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 N、向 S 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。

2.3 斜向断裂构造

矿区斜向断裂构造主要为 NE—NNE 向，显压剪性，明显切割 EW 向构造。

NE 向断裂常赋存石英脉型金矿，金品位一般为 3.28×10^{-6}～16.78×10^{-6}，最高为 8.34×10^{-6}。顶、底板见碎裂岩化、片理化，产状为 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。

NNE 向构造主要表现为剪节理带和片理化带。剪节理带一般厚度为 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，产状为 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。片理化带一般厚度为 20～70cm，个别达 1～2m，产状为 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，金品位一般为 0.12×10^{-6}～0.78×10^{-6}，具备一定的成矿前景。

2.4 山阳－凤镇断裂的控矿作用

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，N 倾，倾角为 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。在海西期，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，沿山阳－凤镇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。正河金矿位于山阳－凤镇断裂南侧 1.5～4.0km，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，清晰地显示了山阳－凤镇断裂对金成矿的控制作用。

3 成矿物质来源与成矿物理化学条件

3.1 微量元素特征

原生晕微量元素相关性研究表明(图 3)，在 $R=0.1$ 水平上，微量元素分为两群，一群为 Cu、Ag、Au、Pb 组合，另一群为 Cr、Ni、V、Ba、Sr、Zn、Co 组合。前者属亲铜元素，是本区的主成矿元素。Au 与 Ag、Cu 密切相关(相关系数分别为 0.589、0.382)，代表一期重要的成矿热液活动。后者主要为亲铁元素，$R=0.6$ 水平上分为三个小群，Cr、Ni、V 组合代表深源成分，Ba、Sr 组合来自围岩，主要与碱金属活动有关，Zn(亲铜元素)、Co(深源元素)组合可能来自基底岩系。总体上看，两群元素呈负相关，显示其富集趋势是不一致的，热液成矿过程具多期性(至少两期)，成矿物质既有来自深部的，也有从围岩中萃取的。

3.2 成矿物理化学条件

据测定(西北有色地质研究所，1997)，矿石包裹体均一温度为 152°～419℃，平均为 286℃，成矿集中于 128°～380℃。估测压力为 50～142MPa，平均为 99.5MPa。成矿深度为 1.85～5.49km，平均为 3.69km，属中压中温成矿。成矿流体以 H_2O 为主，富含 CO_2、SO_4^{2-}，从早到晚，SO_4^{2-} 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。pH 值平均为 5.383，主成矿期 Eh 值为－0.50～0.72，平均为－0.62，显示成矿热液为中偏酸性、还原性流体。

3.3 硫同位素组成

矿床硫同位素分析表明(表 1)，$\delta^{34}S$ 值为 4.16‰～10.29‰，极差为 6.13‰，平均为 7.73‰，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，与秦岭微细浸染型金矿的硫同位素组成相似，硫主要来源于泥盆系。沉积成岩期 $\delta^{34}S$ 平均值为 5.39‰，具深源硫特征，反映泥盆纪海底热水喷流作用。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，成矿流体可能为大气降水与岩浆水的混合热液。

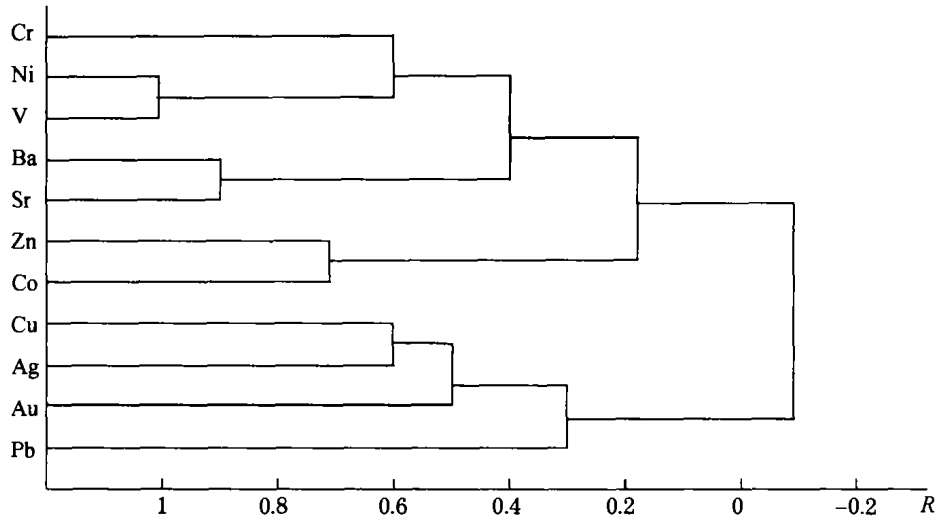

图 3　正河金矿床微量元素谱系图

Fig. 3　Pedigree diagram of trace elements in the Zhenghe gold deposit

表 1　岩(矿)石硫同位素组成

Table 1　Sulfur isotope compositions of rocks and ores

分　期		样品	矿物	$\delta^{34}S$(‰)	极差	平均值
沉积成岩期		TC-1	FeS_2	4.16	2.45	5.39
		TC-2	FeS_2	6.61		
热液改造期	早 期	PD-9	FeS_2	7.01	0.96	7.16
		T-31-1	FeS_2	7.72		
		T-32-2	PbS	6.76		
	中晚期	PD-5	FeS_2	10.27	1.26	9.86
		PT11	FeS_2	9.03		
		T-31	FeS_2	10.29		

注:测试单位为西北有色地质研究所,2001。

4　矿床成因

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:

(1)泥盆纪　秦岭微板块处于伸展裂陷期,产出多级别的沉积盆地,含矿热水沿山阳－凤镇断裂发生广泛喷流(溢),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,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。

(2)晚海西－印支期　秦岭进入俯冲碰撞造山阶段,变形变质作用导致一系列紧闭—倒转型褶皱和剪切带,伴随岩浆活动,成矿物质发生活化迁移和重新分配。主变形期发生区域性褶皱,其后发生左行走滑剪切变形,形成 EW 向和 NE 向含矿构造带。

(3)燕山期　秦岭发生强烈的构造－岩浆活动,区内主变形为自北向南的逆冲推覆作用,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,岩浆期后热液与热卤水组成含矿混合流体,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。

与秦岭其它金矿床相比(表 2),正河金矿的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,尤其是印支燕山期以来的构造－热事件改造作用非常强,这与马鞍桥金矿(变质细碎屑岩型)相似,明显不同于双王型金矿。综上所述,将矿床成因归纳为热水沉积－变质变形－构造热液改造型矿床。

5　结论

矿区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,金矿的形成与燕山期构造活动有关,该背斜是金成矿的配矿构造。成矿作用经历了多期次的构造演化过程,成矿物质既有来自深部的,也有从围岩中萃取的,硫源具深部幔源与浅部壳源混合的特征。矿床成因为热水沉积－变质变形－构造热液改造型矿床。

表 2　不同金矿床地质特征对比表

Table 2　Comparison of geological characteristicss of different gold deposit

矿床	正河金矿床	马鞍桥金矿床	双王金矿床
构造位置	山阳－凤镇断裂南侧佛坪古隆起北东缘	商丹断裂南侧佛坪古隆起北缘	山阳－凤镇断裂北侧佛坪古隆起西北缘
含矿岩系	中泥盆统古道岭组细碎屑岩、富钠硅质岩	上泥盆统桐峪寺组细碎屑岩	上泥盆统星红铺组细碎屑岩夹层状钠质岩
容矿构造	轴面劈理化带	韧性剪切带	构造角砾岩带
变质作用	绿片岩相	绿片岩相	极浅变质
金属矿物	黄铁矿、磁黄铁矿为主，少量黄铜矿、方铅矿	黄铁矿、磁黄铁矿为主，次为黄铜矿、闪锌矿	黄铁矿为主，少量毒砂、铋碲矿
蚀变类型	硅化、黄铁矿化、褪色化、钠长石化、绢云母化	黄铁矿化、磁黄铁矿化、硅化、黑云母化、绢云母化	钠长石化、铁白云石化、黄铁矿化、绢云母化
成矿作用	热水沉积－变形变质－构造热液改造	沉积－区域变质－韧性剪切－热液改造	热水沉积－构造角砾岩化－热液改造
成矿元素组合	Au-Ag-Cu-Pb	Au-Zn-As-Bi-Te	Au-Ag-Bi-Te-Pb-Zn

在成文过程中，曾与王瑞廷博士进行过有益的讨论和交流，在此表示衷心感谢！

参考文献：

[1] 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.

[2] 王集磊，何伯迟，李建中，等. 中国秦岭型铁铅矿床[M]. 北京：地质出版社，1996：69-73.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 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)：9-15.

[7] 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.

ORE-CONTROLLING CHARACTRISTICS OF STRUCTURE AND THE DEPOSIT GENESIS OF ZHENGHE GOLD DEPOSIT, NINGSHANXIAN

LIU Xiao-feng, WANG Li-qun, WANG Lei, LIU Hong-jun

(*Team No. 712of Northwestern Nonferrous Metals and Geoexploration Bureau, Xianyang* 712000)

Abstract: According to analysis on ore controlling characteristics of structure and sources of metallogenic material and gold metallization, the authors think that mineralized belt is axial cleavage belt on the core of an anticline which is controlled by secondary anticlines in the Zhenghe gold deposit. The Shanyang-Fengzhen deep- rooted Fault was an ore transmitting structure in the deposit. The deposit genesis is considered to be a hydrothermal sedimentation -metamorphose and deformation-structural hydrothermal alterative type.

Key Words: gold deposit, deposit genesis, ore controlling characteristics of structure, alterative mineralized belt, Zhenghe, Ningshanxian.