

文章编号: 1009-6248 (2002) 01-0060-05

# 陕西双王含金角砾岩地质特征及成因初探

汤静如<sup>1</sup>, 汪劲草<sup>1</sup>, 王国富<sup>1</sup>, 彭恩生<sup>1</sup>, 史静海<sup>2</sup>

(1. 中南大学地质研究所, 湖南长沙 410083; 2. 陕西太白金矿, 陕西宝鸡 706127)

**摘要:** 双王金矿含金角砾岩为水力压裂成因角砾岩。认为该水压角砾岩体是深源富碱含金流体在泥盆系一套热水沉积的富钠质岩系中发生水力压裂作用形成的。早期共轴递进挤压使能干性的富钠质岩系与非能干性的富泥质岩系发生构造透镜石香肠化; 晚期的非共轴递进剪切使早期在透镜体中心形成的构造裂隙由剪性转化为张性, 并产生巨大的压力降使深部的流体在富钠质岩系中沿裂隙发生水力压裂作用, 从而形成双王水力压裂含金角砾岩。

**关键词:** 水压角砾岩; 地质特征; 地质证据; 水力压裂成因; 双王

**中图分类号:** P618.51 **文献标识码:** A

多年来, 对陕西双王金矿含金角砾岩的成因认识一直存在不同的看法。古貌新等 (1983) 提出“层间褶断成因”, 认为角砾岩的形成与脆性层状钠长石板岩类型的褶曲破碎有关<sup>[1]</sup>; 石准立等 (1989) 提出双王含金角砾岩为构造角砾岩, 是以区域断裂作用为主导的产物<sup>[2]</sup>; 张复新 (1997) 认为是热液隐爆成因角砾岩<sup>[3]</sup>。本文详细描述了双王含金角砾岩的地质特征, 认为角砾岩是水力压裂成因, 并对其成因进行了初步探讨。

## 1 地质概况

双王金矿地处秦岭南麓, 大地构造位置处于秦岭褶皱系南秦岭华力西—印支褶皱带凤县—镇安褶皱束的西部。商县—丹凤深断裂和凤镇—山阳深断裂从矿区以北的上下白云镇附近通过。区内广泛出露泥盆纪地层, 且上、中、下统均有发育。由老至新为: 下泥盆统王家楞组 ( $D_{1w}$ )、中泥盆统古道岭组 ( $D_{2g}$ )、上泥盆统星红铺组 ( $D_{3x}$ ) 和九里坪组 ( $D_{3j}$ )。矿床赋存在星红铺组 ( $D_{3x}$ ) 中。星红铺组 ( $D_{3x}$ ) 又可分为下亚组 ( $D_{3x}^1$ ) 和上亚组 ( $D_{3x}^2$ )。其中星红铺组下亚组 ( $D_{3x}^1$ ) 为赋矿围岩, 由变质砂岩、粉砂质绢云母板岩组成, 其中夹有绢云板岩、钙质板岩、变质细砂岩和结晶灰岩。在剖面上可观察到不同岩性的互层现象, 呈现明显的韵律构造层。

印支运动使本区形成了一系列轴向为 NW—SE 向的复式背、向斜构造, 其中西坝复式背

收稿日期: 2001-02-14; 修回日期: 2001-10-28

基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号 49772152) 和太白金矿找矿项目联合资助。

作者简介: 汤静如 (1977-), 男 (汉族), 湖北监利人, 在读硕士, 构造地质学专业。

斜次级褶皱—银洞沟背斜的北翼及发育的一组断裂是本区的控矿构造。区内近南北向断层形成于成矿之后。形成于双王金矿成矿之前的西坝岩体侵位于西坝复式背斜轴部，长轴方向为 NWW 向。

## 2 含金角砾岩体的地质特征

### 2.1 含金角砾岩体的宏观几何特征

双王含金角砾岩带全长 11.5 km，呈带状由西向东断续分布在王家楞与王家庄之间，总体走向  $29^{\circ} \sim 310^{\circ}$ ；平面上，角砾岩带由大小不等的 8 个角砾岩体组成，单个角砾岩体多为长透镜状，个别为不规则状。长度介于 300~700 m，最大厚度介于 30~120 m，透镜体之间的间距介于 500~800 m。横剖面上，其形态与平面形态大体一致；纵剖面上，浅部呈不规则透镜状或囊状体，深部为似厚板状。据现有资料，东部角砾岩体倾向为  $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ；倾角  $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ；上缓下陡。西部局部地段倾向为  $200^{\circ} \sim 220^{\circ}$ ；倾角  $81^{\circ} \sim 87^{\circ}$ ；反映角砾岩带产状沿走向和倾向上均有局部的变化。

### 2.2 双王含金角砾岩岩石类型及特征

角砾岩透镜体及其两侧的围岩中，其岩性组合有明显不同，共有 3 组（图 1）：①位于角砾岩透镜体两侧的最外带为石英绢云母板岩夹薄层浅变质粉砂岩，原岩为韵律发育的泥质粉砂质岩石，变质后板劈理发育，是星红铺组的主要岩石类型。②位于图 1 中①岩石组合内侧，为中厚层钠化粉砂岩与薄层板岩互层，估计原岩为热水沉积硅质岩和泥质岩，钠化后呈灰白色至黄白色，硬度很大，铁难以划动。钠化越强，板劈理越模糊。③角砾岩体内的岩石组合为钠长绢云板岩—绢云钠长板岩—铁白云石钠长板岩互层。从角砾岩体外侧到中央，其岩石组合的能干性越来越强，钠长石化越来越强，矿化越来越好。

钠长石化与角砾岩分布有密切的关系。角砾岩存在的地方都存在着钠长石化。显微镜下观察，钠长石有 2 类：一类粒径介于 0.03~0.08 mm，晶形呈他形，少见双晶，颗粒彼此紧密嵌生，具显微花岗变晶结构，呈条状、条纹状构造，为早期热水喷流沉积—成岩阶段形成的钠长石；另一类粒径大于 0.1 mm，晶形呈半自形至自形，多见双晶，与铁白云石及少数石英、黄铁矿等共生，多以脉状充填于小裂隙中或团块状发育于裂隙边缘附近，属晚期含钠流体在围岩中交代或充填形成的钠长石。

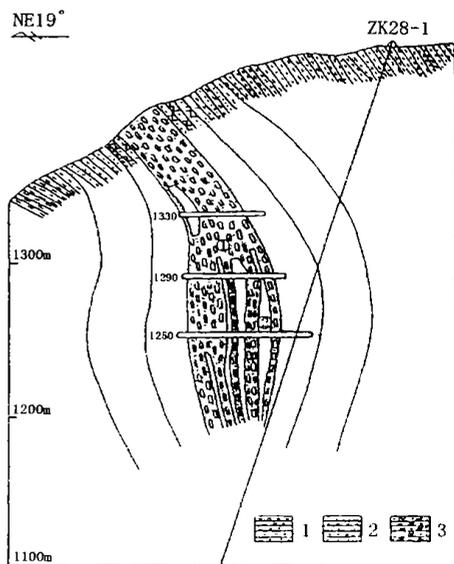


图 1 双王金矿 K<sub>T</sub>8 矿体 28 勘探线地质剖面图

Fig. 1 Geological section map of No. 28 exploration line in Shuangwang gold deposit

1. A 岩石组合：绢云母板岩；2. B 岩石组合：中厚层粉砂岩夹薄层板岩；3. C<sub>1</sub> 岩石组合：钠长岩；①. 示液相角砾岩体（矿体）；②. 矿体中巨型围岩残块

### 3 双王含金角砾岩为水压角砾岩的地质证据

现场地质调查和前人资料从各方面也证实了双王含金角砾岩为水力压裂成因角砾岩。主要地质证据有:

(1) 角砾形状多为棱角分明的板条状, 有的呈三角状和多角状, 基本上没有旋转和位移, 并具有一定的定向性和可拼性(图2、图3)。矿体中有几十米的巨角砾, 其岩性与围岩相同, 且蚀变褪色, 局部的角砾中还有未被交代蚀变完全的围岩残块, 且产状与围岩产状基本一致, 表现为流体沿岩层层面渗入交代, 显示岩体破裂的结果。

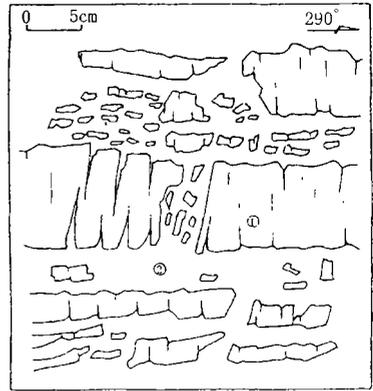
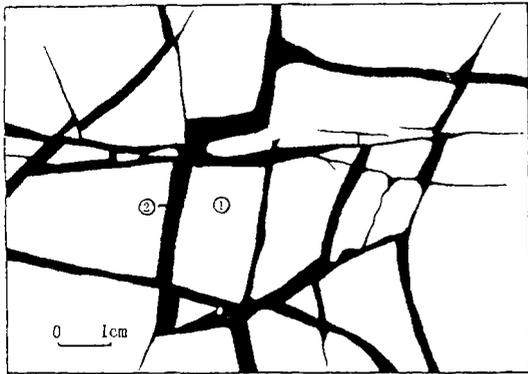


图2 KT<sub>8</sub>号矿体手标本素描(具可拼性)

Fig.2 Specimen sketch of  
KT<sub>8</sub> ore body

(1 250 m 中段 CM 40)

① 角砾; ② 胶结物

图3 KT<sub>8</sub>号矿体含金水压角砾岩素描(具定向性)

Fig.3 Sketch of gold-bearing hydro-  
fracturing breccia of KT<sub>8</sub> ore body

(1 250 m 中段 CM 36 顶板)

① 角砾; ① 胶结物

(2) 角砾的分选极差。大的可达几米, 甚至几十米, 小的仅达毫米级。角砾的组成简单, 为米黄色钠长岩, 其矿物组合、含量、粒度和结构及变质程度与角砾的原岩基本一致。胶结物为多阶段热液活动的产物, 以铁白云石为主, 其次为方解石、石英、黄铁矿、钠长石等。角砾与胶结物之间的界限十分明显, 且二者成分不一致。胶结物以脉状、网脉状充填于角砾间的空隙或围岩的裂隙中, 更反映出流体的多期活动性。

(3) 根据矿物的穿插关系和成矿阶段, 发现角砾岩具有多期角砾化的特征。早期充填的裂隙脉也可能发生角砾岩化形成碎块而出现在角砾岩中, 碎屑含量变化较大, 具有基质支撑结构, 基质是一些热液成因的胶结物。这些胶结物因快速沉淀, 结晶程度较低, 与多次角砾岩化相对应<sup>[4]</sup>。

(4) 流体包裹体特征表明, 双王金矿角砾及胶结物中包裹体的温度、压力、盐度变化较大。温度为 210~450 , 压力为  $1.5 \times 10^8$  Pa, 热液盐度在 10% 以下。这些特征与李德威(1997)描述的水压角砾岩形成条件(温度 400~500 , 压力  $10^7 \sim 10^8$  Pa, 盐度从 1% 以下变化到 30% 以上)一致<sup>[5]</sup>。

(5) 显微镜下鉴定可知, 角砾内部一般不发育典型的断层角砾岩中显微构造, 角砾的变形强度很小或无变形。这一点与构造动力角砾岩有显著不同。

## 4 水压角砾岩成因初探

### 4.1 构造透镜体形成过程

如前所述, 双王角砾岩产在一套特殊的岩性组合中。双王金矿区星红铺组中, 由于岩石组合之间不仅存在原生结构的不均一性, 而且在递进变形中又由于因变质、变形作用的差异产生新的不均一性。在印支期近南北向共轴的区域挤压应力作用下, 当主应力 ( $\sigma_1$ ) 与岩层面的夹角小于  $45^\circ$  时, 岩石的应变主要以递进剪切变形为主, 应变主要消耗于西坝复式背斜的次级褶皱和层间褶皱, 以及层间的摩擦滑动与各式节理和裂隙的形成上; 当主应力 ( $\sigma_1$ ) 与岩层面的夹角大于  $45^\circ$  时, 岩石的应变以递进压缩变形为主, 应变主要消耗在能干性岩石的透镜体化和非能干性岩石的强烈的劈理化。此时, 形成了双王含金角砾岩体的“类石香肠体”雏形。

### 4.2 水力压裂的发生过程

大规模的流体聚集形成的异常高压只要满足  $P_f = \sigma_3 + T$  条件, 即流体压力 ( $P_f$ ) 大于或等于最小主应力 ( $\sigma_3$ ) 与岩石的抗张强度 ( $T$ ) 之和时, 水力压裂作用就会发生。在双王含金角砾岩体雏形形成之后, 由于区域应力由共轴的南北挤压调整为非共轴的右旋剪切, 使“类石香肠体”内部早期产生的节理和破裂由压性转为张性。脆性张破裂的形成, 为含金流体的进一步活动提供了空间。由于在容矿断裂形成的瞬间, 产生巨大的压力降, 促使高压流体迅速涌入张裂隙, 如同抽吸泵一般<sup>[6]</sup>。上述过程使含金流体所处的物理化学环境发生了改变, 如温度和压力的降低, 可使含金络合物的溶解度大为降低, 也可使流体发生相分离 (不混溶), 导致 pH、 $f_{O_2}$  和组分浓度的升高, 从而使金的溶解度降低。因此裂隙一旦形成, 含金流体就沉淀其中, 使裂隙愈合。由此可以看出, 裂隙的形成和脉的定位使一个统一过程的两个方面, 即裂隙使岩石裂开而成脉使裂隙愈合, Ramsay (1980) 称之为“裂开-愈合”旋回<sup>[7]</sup>。因深部的含金、铁白云石流体不断补给、汇集, 使含矿流体的压力不断升高, 当  $P_f = \sigma_3 + T$  时, 岩石又发生破裂, 含金、铁白云石流体又涌入其中, 周而复始, 形成水压角砾岩。

## 5 结论与讨论

(1) 通过对双王含金角砾岩的重新观察与研究, 认为双王角砾岩是在特定的条件下发生水力压裂作用形成的角砾岩。热水沉积的钠长石岩石组合, 早期的递进共轴挤压和晚期的递进非共轴剪切的两次大规模的构造运动及深部富碱含金流体的侵入是水力压裂作用发生的必要条件。

(2) 认为早期的热水沉积和晚期的充填交代是双王含金角砾岩中钠长石的成因。

(3) 双王含金角砾岩实际上是以流体动力成因为主, 构造动力成因为辅形成的角砾岩。它与构造动力角砾岩有明显区别。

(4) 角砾岩的性质实质上反映了流体压力和构造压力之间的一种内在关系。构造动力角砾岩和流体动力角砾岩之间的区别和联系还有待于进一步的研究。当流体压力和构造应力到

达什么临界条件关系时, 形成构造动力角砾岩还是流体动力角砾岩, 这无疑是今后需要实验加以进一步验证和探索的问题。

## 参考文献:

- [1] 古貌新, 戴安周. 陕西双王金矿床地质特征 [J]. 陕西地质, 1983, (2).
- [2] 石准立, 刘瑾璇, 樊硕诚, 等. 陕西双王金矿床地质特征及其成因 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1989.
- [3] 张复新. 陕西双王金矿床成矿作用及金的赋存状态研究 [J]. 西北地质, 1997, 18 (2): 28-32.
- [4] 汪劲草, 彭恩生, 孙振家. 流体动力角砾岩分类及其地质意义 [J]. 长春科技大学学报, 2000, 30 (1): 18-23.
- [5] 李德威, 李先福. 液压致裂作用及其研究意义 [J]. 地质科技情报, 1997, 16: 29-34.
- [6] R H Sibson, F Robert, K H Poulsen. High angle reverse faults, fluid pressure cycling and mesothermal gold deposit [J]. *Geology*, 1988, 16: 551-558.
- [7] J G Ramsay. The crack-seal mechanism of rock deformation [J]. *Nature*, 1980, 284: 135-139.

## The geological features and preliminary study of gold-hosted breccia in Shuangwang ore deposit, Shaanxi

TANG Jing-tu<sup>1</sup>, WANG Jing-cao<sup>1</sup>, WANG Guo-fu<sup>1</sup>,  
PENG En-sheng<sup>1</sup>, SHI Jing-hai<sup>2</sup>

(1. *Institute of Geology, Central South University, Changsha 410083, China;*  
2. *Taibai Gold Mine, Shaanxi, Baoji 706127, China*)

**Abstract:** Gold-hosted breccia in Shuangwang ore deposit is hydrofracturing breccia. The hydrofracturing breccia is formed by deep rich-sodic and gold-hosted fluid hydrofracturing in a set of Devonian system hot-water sedimentary rich-sodic rocks. The early coaxial progressive depressing makes the forming of tectonic lens in the competent rich-sodic and incompetent rich-mud rocks; the later nocoaxial progressive shearing makes the tectonic compression fracture into extension fracture in the early tectonic lens, at the same time, the great drop of pressure leads to the hydrofracturing of deep fluid along the fracture in the rich-sodic rocks, and then produces the hydrofracturing breccia.

**Key words:** hydrofracturing breccia; geological features; geological evidence; hydrofracturing genesis; Shuangwang