

南秦岭古生代热水沉积盆地与热水沉积成矿

唐永忠¹ 齐 文^{1,3} 刘淑文² 侯满堂¹

(1. 陕西省地质调查院, 陕西 西安 710054; 2. 长安大学资源学院, 陕西 西安 710054;
3. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

摘要: 扬子地块北部被动边缘的南秦岭古生代沉积盆地中, 发育一套自早古生代—中生代以来的碳酸盐岩夹细碎屑岩沉积建造, 形成规模巨大独具特色的以铅锌金为主的多金属成矿带。伸展构造体制下形成的裂陷或断陷型盆地中, 正常水成沉积与热水沉积同盆共存。正常水成沉积中叠加的热水沉积是一个“突发事件或灾变事件”, 具有特殊的物质组成和产态。通过对区内沉积成矿盆地的识别、分级, 二级沉积盆地中边缘部位常发育多个三级构造热水沉积成矿盆地, 它受控于沉积盆地中的同生断裂, 具有沉积岩相、热水沉积岩组合、显著成矿作用及物化探异常广布的特点。三级构造热水沉积成矿盆地是矿床定位的构造空间, 四级热水沉积洼地为矿体(矿层)的容纳空间。区内热水沉积岩主要为重晶石(毒重石)岩、硅质岩、钠长石岩和铁碳酸盐岩类, 铅锌重晶石等矿产多产于热水沉积岩中或上盘。热水沉积形成一般由早期的热水喷发交代→主期热水喷流→晚期热水喷气演变。早期的热水喷发交代往往沿矿液喷发通道, 形成网脉状、角砾状矿化; 主期热水喷流主要形成多金属及热水喷流相, 形成块状、条带状、层纹状矿石或热水沉积岩; 晚期热水喷气主要形成浸染状矿石和热水喷气岩石。

关键词: 南秦岭; 热水沉积盆地; 热水沉积成矿

中图分类号: P611.2⁺² **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2007)06-1091-10

南秦岭多金属成矿带呈东西向带状分布于扬子地块北缘, 它是一规模巨大、独具特色的成矿带^[1]。对于这一成矿带的认识是逐渐深化的。20 世纪 60 年代初期, 人们就开始对区内铅锌、银、铜、铁、汞、铋矿产进行勘查, 认为成矿主要与中低温热液有关; 80 年代中期, 重点对泥盆纪沉积盆地多金属矿进行了勘查和研究, 并认为与层控矿床有关; 最近十余年, 金及多金属矿床(如大西沟、八卦庙、金龙山等)勘查与研究取得进展。近年来, 陕西省地质调查院在南郑马元、旬阳等地区实现了铅锌矿勘查的重大进展, 使南秦岭成为新的铅锌矿集区和成矿研究热点^[2-7]。区内一系列热水沉积岩石和矿石的发现, 逐步确立了矿床的热水沉积成因观点^[8-10]。对热水沉积盆地研究也受到广泛关注^[10-12]。进一步探讨南秦岭古生代热水沉积盆地特征, 总结大型热水沉积矿集区的成矿规律, 对深化南秦岭造山带基础地质研究和找矿工作都具有重要意义。

1 热水沉积盆地成矿背景

扬子地块北缘海相盆地接受了从寒武系到三叠系基本

连续的海相页岩、碎屑岩和碳酸盐岩等水成沉积岩, 热水沉积同盆共存, 沉积建造属于次稳定型, 海盆具有裂谷/裂陷性质^[10, 13]。下古生界与震旦系沉积连续, 属于扬子地块北缘被动陆缘裂陷盆地沉积, 发育炭硅质页岩和火山凝灰岩, 伸展背景下的火山活动及海底热水沉积较明显, 沉降中心东西带状展布在安康—双河一线。从泥盆纪开始, 勉略构造带活动导致扬子地块北缘进一步裂解, 南秦岭成为处于扬子地块与华北陆块之间的微板块; 继续发展的伸展构造背景下, 同沉积(基底)构造造成微板块内地堑—地垒发展演化出复杂的构造沉积环境, 呈现洋陆兼杂的多岛海域。早古生代安康—双河带状沉降中心在晚古生代出现相对隆起, 而在其北侧作水—山阳一线出现带状沉降中心。

华北陆块和扬子地块在中生代开始两陆块碰撞, 古生代海盆水体自东而西退去, 先后结束沉积, 造山带形成, 成矿作用进入另一个重要时期。造山过程中的扬子地块北缘总体受到南北向强烈挤压, 但在旬阳盆地, 由于其东侧存在武当—陡岭古老基底隆起带, 西南侧存在平利—牛山—佛坪—小磨

收稿日期: 2007-03-15; 改回日期: 2007-05-30

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(200110200029、[2005]13-8)资助。

作者简介: 唐永忠, 男, 1965 年生, 高级工程师, 从事矿产地质勘查及盆地研究工作; E-mail: ltangyongzong@163.com。

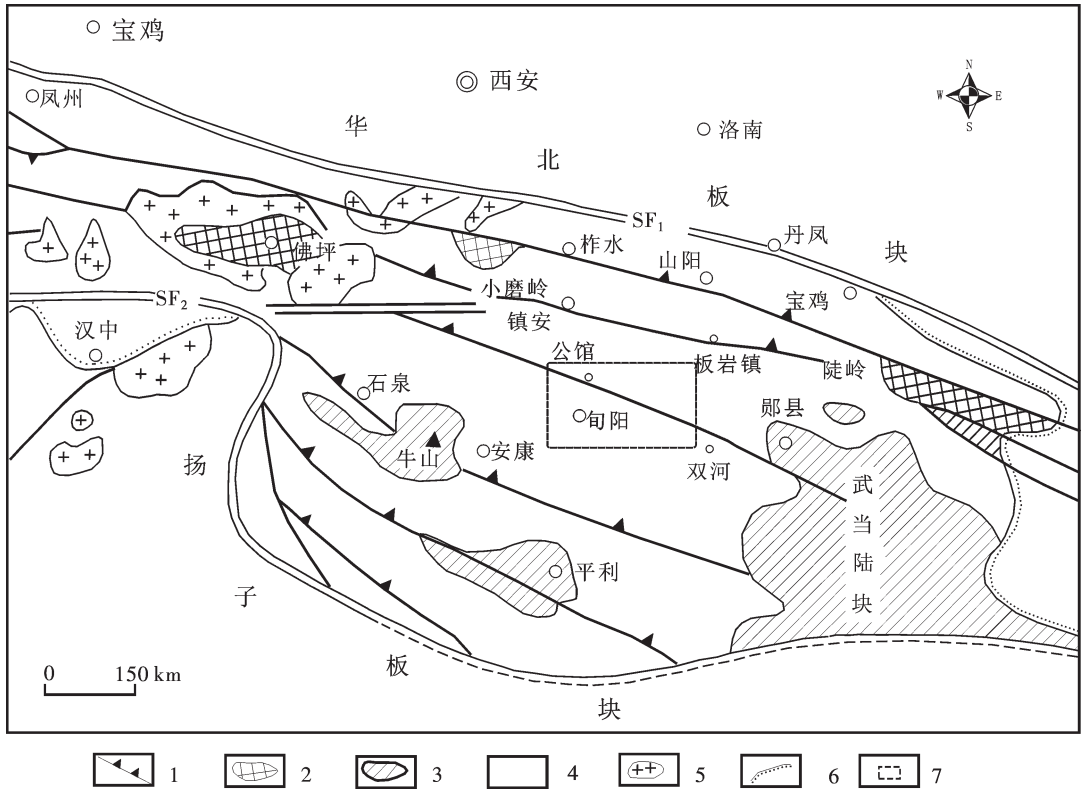


图1 南秦岭(东部)区域地质略图(据张国伟等^[14],2001 编绘)

SF₁—商丹缝合带;SF₂—勉略构造带;1—主要断裂系;2—结晶基底陆块;3—过渡性基底;4—古生界(西部包括三叠系);5—中生代花岗岩;6—新生界;7—重点工作地区

Fig.1 Regional geological sketch map of the South Qinling (eastern part) (after Zhang Guowei et al., ^[14], 2001)

SF₁—Shangluo-Danfeng suture zone;SF₂—Mianxian-Lüeyang tectonic zone;1—Main fault system;

2—Crystalline basement block;3—Transitional basement;4—Paleozoic (including the Triassic in the west);

5—Mesozoic granite;6—Cenozoic;7—Main work area

岭古老基底隆起带(图1),形成了对造山过程中南北向挤压的砥柱作用,使其中的古生代沉积盆地保存较好。

南秦岭镇(安)旬(阳)古生代沉积盆地位于扬子地块北部被动大陆边缘,其盆地演化是从震旦纪开始的。震旦纪—早奥陶世为盆地扩张时期,在伸展构造体制下,形成盆地边缘的裂陷沉积;中奥陶世—志留纪,随着扬子板块与秦岭地块的向北俯冲,安康—平利裂谷盆地进一步加剧,接受深水类复理石的炭硅质岩、碱性火山岩与次火山岩沉积;旬阳一带主要是外陆棚—半深海的硅质、炭质、泥质沉积夹火山岩、次火山岩斜坡沉积。中晚志留世,随着加里东隆升加剧,安康—平利裂谷盆地收缩填海关闭并抬升成陆,受牛山古陆隆升影响,盆地西南缘首先隆起,成为晚古生代隆起区而缺失中晚志留世及早泥盆世沉积,中泥盆世地层超覆在早志留世地层之上。随着盆地沉降中心北移,旬阳一带连续接受泥盆纪沉积,志留纪深水相沉积向上变浅并过渡为泥盆纪浅水沉积。石炭纪—二叠纪,盆地沉积范围进一步萎缩,盆地沉降中心北移至镇安—柞水一线,印支—燕山期区内褶皱造山成

陆,海水从秦岭自东向西退去。

2 热水沉积盆地的分级

2.1 热水沉积盆地同生构造

热水沉积成矿盆地主要是由同生构造作用形成构造—沉积空间。同生断裂、同沉积洼地和生长背向斜是成矿的主要同生构造之一,它造成了盆地基底沉降,导致构造—沉积容纳空间的形成。与成矿关系最为密切的为同生断裂和热水沉积洼地。

区域性同生断裂控制了热水沉积盆地的边界和分布范围,次级同生断裂则控制了矿田或矿床的分布范围。区内岩性岩相既有东西向变化,又有南北向变化,同生断裂往往发生在盆地边缘斜坡带构造—岩相区的岩性变化较大部位,因此区内东西向、南北向同生断裂共同构成了同生断裂—热水沉积成矿网络,往往控制了矿床或矿体的产出,是热水沉积的矿液通道及沉淀场所。区内可以识别出的区域性同生断裂有镇安—板岩镇断裂、安康断裂、公馆—白河断裂、吕河—茅

坪断裂、曾家坝—红椿坝断裂等。

安康断裂:为东西向区域性大断裂,属长期活动的同生断裂。早期断面北倾,南部为浅水相泥砂质沉积,北部为深水相炭、硅、泥质沉积,沉积厚度差异显著。该同生断裂可能是 S_1 热水沉积型重晶石等矿产的主要控矿构造。

吕河—茅坪断裂:为区域性同生断裂,近东西向展布。早期断面南倾,北部为碳酸盐台缘礁滩相,南部为深水硅质、炭泥质相。北部以铅锌矿、磁铁矿为主,南部有重晶石产出。

公馆—白河断裂:为近东西向区域性断裂,沿仁河口—公馆—白河一带展布,明显具同生性质。断面北倾为主,属多期复合断裂带。据断裂两盘沉积建造、矿产分布特征,北部为碳酸盐岩开阔台地相,形成汞锑金矿产;南部为碳酸盐岩局限台地相,以铅锌矿为主。断裂形成于加里东晚期或华力西早期。早期属同沉积断裂,印支期复合,显逆冲断裂。

乾佑河断裂,为一近南北向隐伏断裂,西部为深水相硅质、泥质沉积,东部为浅水碳酸盐台地相沉积;西部以铅锌金矿产为主,东部以汞锑金为主。其断裂西侧岩性岩相差异显著。

2.2 一级、二级沉积盆地

南秦岭热水沉积盆地主要由镇安—旬阳晚古生代沉积盆地、宁陕—白河早古生代断陷盆地和紫阳—平利早古生代裂陷盆地等3个一级沉积盆地组成(表1)。

2.2.1 镇安—旬阳晚古生代沉积盆地

镇安—旬阳晚古生代沉积盆地位于扬子地块北部被动边缘,(盆地以区域性镇安—板岩镇断裂和公馆—白河断裂为边界)主要由镇安和旬阳2个二级盆地构成,盆地发育自早古生代—中生代以来的一套碳酸盐岩夹细碎屑岩沉积建造。

泥盆纪开始,沉积盆地开始进入相对独立的发展与演化时期,在伸展构造体制下,晚古生代沉积盆地继承了志留纪残留盆地构造—古地理格局,发生不均衡沉降,由南向北,自西向东,古地势由低变高,海水由深到浅^[15,16],同沉积(基底)构造演化出沉积盆地内地堑—地垒式构造—沉积环境。中泥盆世—晚石炭世属沉积盆地发展稳定期,海平面总体处于累进式上升阶段,海侵范围不断扩大,碳酸盐台地由局限台地向开阔台地演化,台缘生物礁由小到大,盆地沉降中心由南西逐渐向东北方向迁移。大致沿乾佑河发育的长达百千米的两河—小岭—冷水河构造沉降带,其控制了东西两侧岩相古地理及沉降幅度,同时也控制了从旬阳十里注,经落驾河、镇安阳坡河、腰庄直到铁厂铺一带,长约50 km,宽4~10 km的生物礁带。东部主要为碳酸盐台地—陆棚相沉积,西部为台盆相沉积^[9]。中石炭世古地形由于风化剥蚀渐趋平缓,晚石炭世继续接受一套开阔碳酸盐台地沉积。晚石炭世末—早二叠世,构造活动加剧,海平面升降频繁,西部隆升快,碳酸盐台地逐渐暴露地表并形成了古喀斯特,东部隆升慢。大致在两河—关坪河—公馆—冷水河一带,发育一系列生物礁带,西部为碳酸盐台地沉积,东部为碳酸盐盆地沉积,其与泥盆纪—石炭纪古地理古构造格局迥然不同,早二叠世—中三叠世的盆地继承了这种格局。早中三叠世海水进一步退却,海平面急

剧下降,沉积范围进一步缩小,中三叠世末海水从秦岭退出并隆升成陆,遭受强烈的剥蚀及陆内造山^[2]。

2.2.2 安康—白河早古生代沉积盆地

安康—白河早古生代沉积盆地主要由石泉—宁陕和安康—白河2个二级断陷盆地构成(以区域性公馆—白河断裂、安康断裂为界),盆地发育自早古生代以来的一套碳酸盐岩夹细碎屑岩沉积建造。石泉—宁陕—白河早古生代沉积盆地主要发育粉砂质、泥质沉积建造,生物较少。由早到晚盆地逐渐变浅,寒武系、志留系构成一完整的向上变浅的沉积序列,沉积范围逐渐缩小,具有古暴露标志,局部发育外陆棚—半深海的硅质、炭质、泥质沉积夹火山岩、次火山岩斜坡沉积。中晚志留世,随着构造隆升活动加剧,安康—平利一带收缩填满并抬升成陆,受平利牛山古陆隆升影响,沉积盆地西南缘首先隆起,成为晚古生代隆起区而缺失中晚志留世及早泥盆世沉积,中泥盆世地层超覆在早志留世地层之上。盆地古地理格局总体表现为南高北低,热水沉积同盆共存,沉积建造属于次稳定型,海盆具有深—浅水陆棚性质。

2.2.3 平利—紫阳早古生代裂陷盆地

平利—紫阳早古生代裂陷盆地(以区域性安康断裂、扬子地块北缘边界断裂),在震旦纪—早奥陶世为盆地扩张时期,形成深水裂陷沉积;中奥陶世—志留纪,随着扬子板块与华北板块的汇聚俯冲,区内随之缓慢上升,平利—紫阳盆地裂陷进一步加深,接受深水复理石、炭硅质岩、碱性火山岩与次火山岩沉积,发育一套典型的“黑色岩系”,形成具地幔热柱的巨厚多金属沉积柱;中晚志留世,随着构造隆升活动加剧,裂谷盆地进一步收缩填满关闭并抬升成陆,成为晚古生代隆起区而缺失中晚志留世及早泥盆世沉积。随着盆地沉降中心北移,志留纪深水相沉积向上变浅并过渡为泥盆纪浅水沉积。

2.3 三级沉积盆地

三级构造热水沉积成矿盆地是热水沉积成矿发生的主要空间,也是矿质大规模聚集的场所及矿床的容纳空间。二级沉积盆地中边缘部位常发育多个三级构造热水沉积成矿盆地,它受控于二级沉积盆地中的同生断裂,往往具有独突的沉积岩相、热水沉积岩组合及具显著成矿作用特点和物化探异常^[13,17]。三级构造沉积盆地内部常由更低序次同生断裂与水下隆起所分隔的四级热水沉积洼地组成,通常具有单断铲型特点。三级构造热水沉积成矿盆地是矿床定位的构造空间,四级热水沉积洼地为矿体(矿层)的容纳空间。如旬(阳)北(部)地区中泥盆统枫树—赵家庄铅锌矿带主要受控于麻坪河—甘溪同生断裂及碳酸盐岩生物礁中,大岭、赵家庄铅锌矿赋存在三级盆地的同生断裂中,但大岭铅锌矿具体赋存在麻坪河碳酸盐台缘岸礁与大岭砂岩岩席构成的四级热水沉积洼地中;赵家庄铅锌矿位于大岭砂岩岩席与公馆—甘溪碳酸盐台地生物礁之间的热水沉积洼地中(图2)。

三级构造热水沉积成矿盆地按构造作用类型、动力学机制及构造—热水沉积成矿特征可进一步划分为三级盆地构造

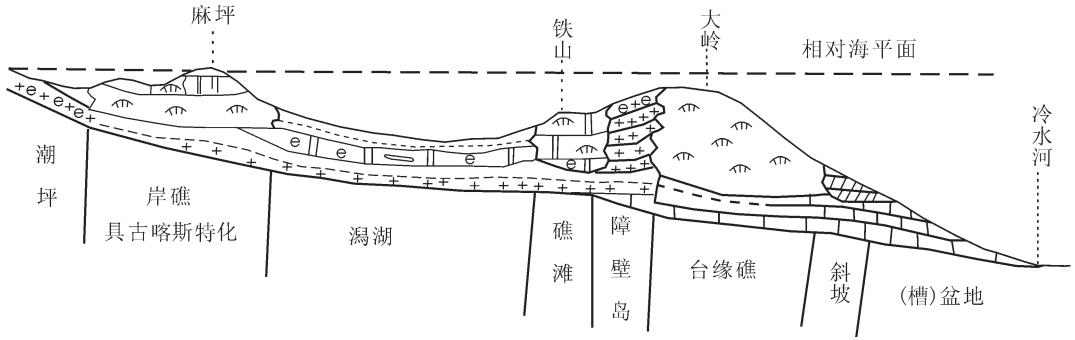


图2 中泥盆统石家沟组麻坪—冷水河一带沉积环境演化示意图

Fig.2 Diagrammatic map showing the sedimentary evolution of the Middle Devonian Shijiagou Formation in the Maping-Lengshuihe area

表1 南秦岭镇旬沉积盆地分级与盆地构造类型

Table 1 Hierarchical division and structural types of the Zhenxun sedimentary basins in the South Qinling Mountains

| 一级盆地 | 二级盆地 | 三级热水沉积盆地 | 三级盆地的构造类型 | 主要矿产 |
|---------------|---------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------|
| 镇安—旬阳晚古生代沉积盆地 | 镇安盆地 | 丁家山—丘岭 月西—青铜关 | 断陷型盆地 断陷型盆地 | 汞锑矿、金矿 硫铁矿、铅锌矿 |
| | 旬阳盆地 | 公馆—洛河 枫树—赵家庄 | 断陷型盆地 断陷型盆地 | 汞锑矿、金矿 铅锌矿 |
| 安康—白河早古生代断陷盆地 | 石泉盆地 | 汉阴—铁佛 东镇—茨沟 | 断陷型盆地 裂陷型盆地 | 金矿 重晶石 |
| | 安康盆地 | 泗人沟—南沙沟 杨柳—任家沟—江坡 长沙—棕溪—黄石板 | 断陷型盆地 断陷型盆地 裂陷型盆地 | 铅锌矿 铅锌矿 铅锌矿、铜矿 |
| 平利—紫阳早古生代裂陷盆地 | 吕河盆地 | 吕河—茅坪盆地 | 断陷盆地 | 重晶石、磁铁矿 |
| | 平利—紫阳盆地 | 平利盆地 紫阳—岚皋盆地 | 裂陷盆地 裂陷盆地 | 重晶石、铅锌矿 铜矿、钒矿、重晶石 |

类型(表1)。

2.4 热水沉积洼地

区内的热水沉积洼地,主要发育在志留系深水相细碎屑岩裂陷部位和泥盆系碳酸盐台地浅水区相对深水部位,它往往控制了热水沉积(喷流)型铅锌矿的具体赋矿部位。如麻坪河一带铅锌矿多赋存在深灰色厚层生物灰岩与灰白色块状白云岩化生物礁灰岩界面的沉积洼地中,矿体呈透镜状或串珠状沿古喀斯特化界面分布。紫阳黄柏树湾重晶石矿产在早寒武纪鲁家坪组深水相中厚层硅质岩与浅水相板岩、粉砂岩过渡部位热水沉积洼地中^[18]。

3 热水沉积成矿盆地的构造-沉积岩相

3.1 构造热水沉积成矿盆地的主要物质组成

热水成岩成矿作用发生和保存的必须条件是三级构造热水沉积盆地,它是热水沉积岩相及热水沉积矿床的构造-沉

积容纳空间,是巨大的“热化学反应库”,与其共生的具有有机联系的盆地相共同组成了热水沉积盆地的充填地体^[13,17]。热水沉积岩是热水沉积(改造)型铅锌矿最重要的物质组成,同时也是重要的找矿标志。热水沉积形成一般由早期的热水喷发交代→主期热水喷流→晚期热水喷气演变。早期的热水喷发交代往往形成矿液喷发通道,并形成网脉状、角砾状矿化;主期热水喷流主要形成多金属及热水喷流相,形成块状、条带状、层纹状矿石或热水沉积岩,共生富集B、Ba、As、Mn等热水沉积特殊元素;晚期热水喷气主要形成浸染状矿石和热水喷气岩石,富含F、As、Cl等热水喷气元素。秦岭中下古生界发育有钠长石岩、碧玉岩、菱铁矿铁白云石钠长石岩、重晶石岩及块状硫化物,常见的热水沉积岩主要是硅质岩、碳酸盐岩、硫酸盐岩,其次是富钾长石岩、钠长石岩、电气石岩、萤石岩、铁锰碳酸盐岩^[18,19]。根据岩石组合、岩石化学及与金属矿产关系,区内热水沉积岩可划分为钠长石岩类、硅质岩类、铁

表 2 南秦岭热水沉积岩类型及矿物组合

Table 2 Hydrothermal sedimentary types and mineral assemblages in the South Qinling

| 热水沉积岩类 | 亚相类型 | 矿物组合 | 岩石成因与成矿关系 |
|---------------|------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 钠长石岩类 | 石英钠长石岩 | 钠长石、石英、绢云母、 磁黄铁矿、电气石 | 层块状, 热水充填, 多产于铅锌矿 下盘, 与成矿关系密切 |
| | 方解钠长石岩 | 钠长石、方解石、绢云母 | 层状, 热水沉积 |
| | 钠长角砾岩 | 钠长石、石英、绢云母、 磁黄铁矿、黑云母 | 层块状, 热水沉积充填、交代 |
| 硅质岩类 | 硅质岩 | 微晶石英、炭质、绢云母 | 层状、层纹状、条带状, 热水喷流 |
| | 硅化岩 | 微晶石英、绢云母 | 块状、条带状, 热水交代 |
| 铁碳酸盐岩类 | 铁锰碳酸盐岩 | 铁白云石、铁方解石、 锰方解石、石英 | 块状、条带状, 热水喷流, 与铅锌成矿密切 |
| | 铁白云石岩、 黄铁绿泥石岩 | 铁白云石、铁方解石、绿泥石、 黄铁矿 | 层状、条带状, 热水喷流, 与铅锌成矿密切 |
| | 菱铁矿岩 | 菱铁矿、石英、绢云母 | 层状、条带状, 热水沉积 |
| 重晶石— 毒重石岩类 | 重晶石岩 | 重晶石、磁铁矿、石英 | 层状、层纹状、条带状, 热水喷流 |
| | 毒重石岩 | 毒重石、钡解石、重晶石、闪锌矿 | 层状、层纹状、条带状, 热水喷流 |
| | 斜钡钙石岩 | 斜钡钙石、钡解石、重晶石 | 层状、块状, 热水交代 |

碳酸盐岩类、重晶石(毒重石)类(表 2)。

3.2 沉积成矿盆地的构造—沉积岩相

热水沉积成矿盆地构造—沉积岩相反映了不同的构造类型、岩石组合、地球化学特征和沉积相。南秦岭三级热水沉积盆地发育的构造—沉积岩相可初步划分为以下 3 种类型:

(1)(火山)热水沉积成矿盆地构造—沉积岩相。以安康石梯大型重晶石矿床和旬阳神河小型重晶石矿床为代表, 构造—沉积岩相自下而上垂向结构为: 下志留统梅子垭组海底火山喷发岩相—火山沉积岩相→重晶石岩相—硅质岩相—毒重石岩相—斜钡钙石岩相组成的热水沉积岩相→中泥盆统石家沟组浅海细碎屑岩相。下志留统梅子垭组可分为 3 个亚段, 其中第二亚段以薄板状含炭硅质岩为主, 夹变火山沉积岩和重晶石岩(层), 岩相及地层厚度变化大, 是区内主要含矿层。变火山沉积岩原岩为细碧质晶屑凝灰岩为主夹石英角砾岩, 其上有热水沉积的硅质岩—重晶石(毒重石)岩相。火山活动主要沿同生断裂呈裂隙式喷发, 构造—沉积岩相为深水相裂陷型热水沉积盆地。

(2)深水缺氧环境中裂陷沉积成矿盆地的构造—沉积岩相。南秦岭早古生代发育大套黑色“炭、硅、泥”沉积建造, 反映沉积盆地为深水、缺氧、低能局限的裂陷盆地。在正常浅海陆棚—深水槽盆沉积上发生的热水沉积是一个“突发事件或灾变事件”, 具有特殊的物质组成和产态。下寒武统鲁家坪组和下志留统梅子垭组硅质岩的形成与热水喷流沉积密切相关, 角砾状硅质岩代表了热水喷口及同生断裂发育部位, 层纹状、条带状、块状硅质岩代表热水喷流沉积, 主要形成硅质岩—重晶石(毒重石)岩相。

(3)萨勃哈浅水沉积盆地的构造—沉积相。在洛河—公馆泥盆纪沉积盆地中, 下泥盆统公馆组主要发育一套碳酸盐岩潮坪—泻湖相藻席白云岩, 赋存有著名的旬阳公馆—青铜沟超大型汞铋矿床。早泥盆世, 旬阳沉积盆地周缘发育快速堆积的山前河流—三角洲相粗碎屑岩, 从上到下, 陆源碎屑物质逐渐变细增厚, 发展为泥质灰岩—白云岩沉积。在洛河—公馆浅水三级沉积盆地中, 形成了碳酸盐萨勃哈藻席白云岩沉积, 并富集 Hg、Sb、As、Au、U 等成矿元素。西部镇安月西—青铜关一带为次深海盆地相, 东部发育陆相冲积扇、冲积平原及河流沉积。这说明东西向构造—沉积相分异明显, 显示镇安—旬阳一级沉积盆地西缘与佛坪基底垂向隆升之间从初始的伸展滑脱—断陷成盆构造—沉积岩相带。洛河—公馆浅水三级构造盆地为半地堑式构造盆地, 明显受公馆—白河区域同生断裂控制。同生断裂西侧和南侧, 地层分布局限且厚度薄, 显示不对称的箕状分布。中晚泥盆世, 逐渐发育为稳定的浅水碳酸盐台地—生物礁沉积, 形成以铁碳酸盐岩为主的热水喷流沉积。

除上述外, 在柞(水)—山(阳)、凤(县)—太(白)半深水—深水断陷非补偿盆地中, 构造断陷形成一系列断陷盆地及水下沉积洼地, 盆地内海水盐度、温度异常, 中泥盆世地层正常的深水泥砂质沉积中, 叠加一系列磁铁绿泥石岩、方柱黑云岩、似碧玉岩、重晶石岩、硅质岩、铁白云石钠长石岩等热水蚀变及热水沉积岩, 从早到晚由铁白云石钠长石岩→绿泥石岩→硫化物岩→似碧玉岩→重晶石岩演变, 形成大型菱铁矿、铅锌、银、重晶石多金属矿床^[9]。

4 大型铅锌矿集区的成矿特征

4.1 热水聚矿盆地形成、发展与演化

热水聚矿盆地形成是一个复杂的系统，它必须是在伸展构造背景的断陷—裂陷次稳定环境下形成，同生断裂是其形成必备条件。在正常水成沉积上发生的热热水沉积成矿事件是一个“突发事件或灾变事件”，具有特殊的物质组成和产态。在早古生代，平利—紫阳—镇坪沉积盆地，受扬子板块向北俯冲和武当古陆隆升的影响，构造活动加剧，局部地幔开裂，形成具陆内裂谷环境的海底基性火山喷发和碱性岩杂岩带^[4]，深水裂陷海盆在区域同生断裂影响下，形成以硅质岩、重晶石—毒重石岩为代表的热水沉积岩。随着加里东期隆升加剧，平利—紫阳沉积盆地首先结束早古生代沉积并成陆，盆地沉降中心逐渐向北迁移，晚古生代旬阳—镇安沉积盆地形成以碳酸盐岩夹碎屑岩沉积。盆地内部在同生断裂影响下，形成铁碳酸盐岩、硅质岩和钠长石岩系列热水沉积岩及铅锌矿。石炭纪—二叠纪，盆地逐渐萎缩，主要形成浅水碳酸盐岩台地，

海水逐渐退出并隆升成陆。

根据南秦岭铅锌矿特征，结合沉积成矿背景分析认为：南秦岭热水聚矿盆地形成于早古生代，以裂陷盆地为主，局部发生的火山活动为热水成矿提供部分热源和部分物源，热水沉积发生于深水相“黑色岩系”中，热水沉积岩以重晶石岩—毒重石岩、硅质岩、钠长石岩系列为主，主要形成重晶石—毒重石、铅锌矿；热水喷流沉积主要发生在泥盆纪，赋存于碳酸盐岩台地及生物礁中，以地堑—地垒式断陷盆地为主，与生物礁和同生断裂关系密切。热水沉积岩以铁锰碳酸盐岩、硅质岩系列为主，热水沉积成矿以热水喷流沉积为主，形成以块状、条带状铅锌矿石为主的热水沉积—改造型铅锌矿；热水活动大致在石炭纪结束，以热水喷气为主，形成网脉状硅化岩等，一般无矿化发生。

4.2 大型铅锌矿集区的成矿控制条件与成矿

旬北大型铅锌矿集区位于扬子地块北缘志留系和泥盆系中，西自旬阳枫树—麻坪河，向东经大岭—赵家庄—泗人沟—关子沟—南沙沟，长达 60 km，铅锌资源潜力在 200 万 t

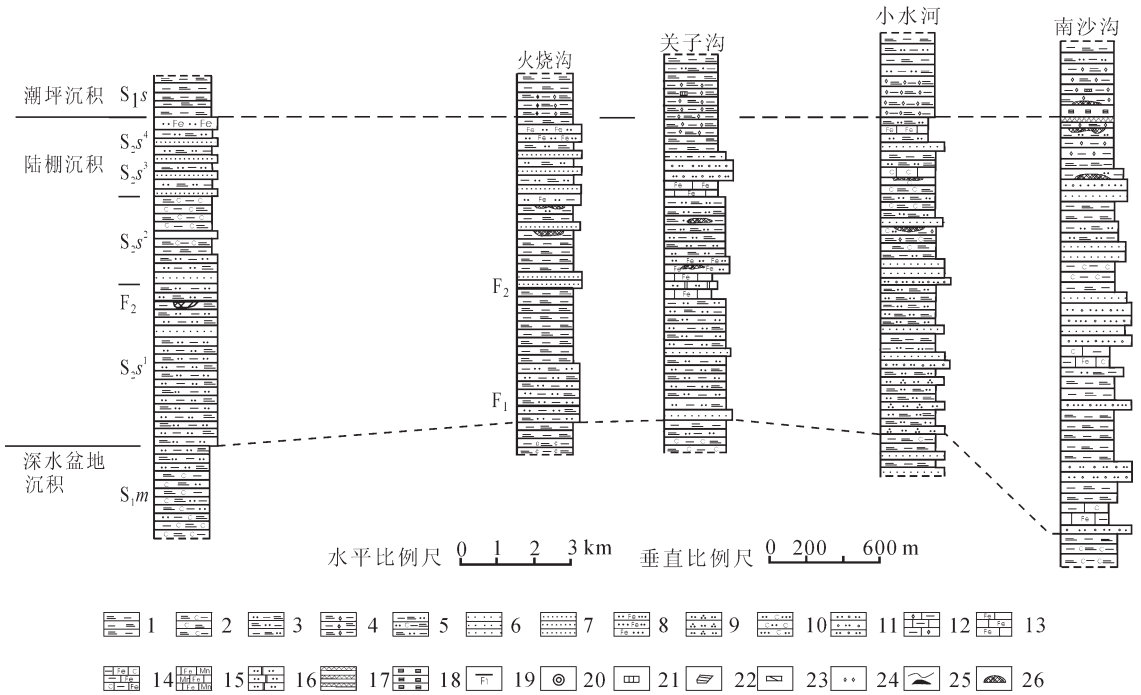


图 3 泗人沟—南沙沟含矿层柱状对比图

- 1—绢云母千枚岩；2—含炭绢云千枚岩；3—粉砂质千枚岩；4—含炭粉砂质千枚岩；5—铁白云石绢云千枚岩；6—粉砂岩；7—细砂岩；8—含铁细砂岩；9—石英砂岩；10—含生屑细砂岩；11—砂砾岩；12—含铁泥质生屑灰岩；13—含铁灰岩；14—含炭铁泥质生屑灰岩；15—铁锰碳酸盐岩；16—砂质白云岩；17—硅质岩(似碧玉岩)；18—重晶石岩；19—断层及编号；20—硅化；21—黄铁矿化；22—重晶石角砾；23—细晶方铅矿；24—粗晶方铅矿；25—层纹(条带)状闪锌矿；26—(层状)块状铅锌矿

Fig.3 Correlation of columns of ore horizons in the Sirengou-Nanshangou area

- 1-Sericite phyllite; 2-Carbonaceous sericite phyllite; 3-Silty phyllite; 4-Carbonaceous silty phyllite; 5-Ferrodolomite-sericite phyllite; 6-Siltstone; 7-Fine sandstone; 8-Ferruginous fine sandstone; 9-Quartzose sandstone; 10-Bioclastic fine sandstone; 11-Sandy conglomerate; 12- Ferro-pelitic biocalcarenite; 13- Ferruginous limestone; 14-Carbonaceous ferruginous-pelitic biocalcarenite; 15-Ferromanganese carbonate rocks; 16-Sandy dolomite; 17-Siliceous rocks (jasperoid); 18-Barite rock; 19-Fault and number; 20-Silicification; 21-Pyritization; 22-Barite fragment; 23-Finely crystalline galena; 24-Macrocrystalline galena; 25-Lamellar (banded) sphalerite; 26-(Bedded) massive lead and zinc ore

以上。铅锌矿主要受地层、岩性、岩相、构造和地球化学等多因素控制,与海底热水喷流(喷气)-构造改造密切相关。

4.2.1 地层层位对铅锌矿的控制

地层层位对铅锌矿的控制表现在3方面:①矿床赋存在一个特定层位中;②控矿层位有一套利于成矿的岩性组合;③赋矿岩性是在较特殊的沉积环境下形成的。

旬北地区铅锌矿地层层位对铅锌成矿的控制作用,表现在矿化带及矿体主要赋存在4个层位中,即下志留统梅子垭组下部层位、梅子垭组上部层位、中志留统双河镇组上部层位和中泥盆统石家沟组上部层位。自西向东,志留系含矿层位逐渐升高(图3)。

志留系梅子垭组、双河镇组是细碎屑岩型铅锌矿的赋存层位,泥盆系石家沟组是碳酸盐岩型铅锌矿的赋存层位。地层层位及含矿岩层主要控制矿带的分布范围,含矿岩层的岩相与岩石组合条件则主要控制矿体的具体产出部位及其产状。区内铅锌矿体主要产于两种不同岩相,岩性界面附近或其一侧。如南沙沟矿区,主要矿体均产于双河镇组与水洞沟组过渡带偏双河镇组一侧,铅锌矿的赋矿岩性以细碎屑岩为主,其次为碳酸盐岩。在正常的沉积过程中,往往叠加一系列类型多样的热水沉积岩等特殊岩石。志留系以细碎屑岩为主要赋矿岩石的铅锌矿,自下而上其垂向结构为:炭(硅)质岩→泥质岩→粉砂(砂)岩→泥砂质灰岩,构成一向上变浅的沉积序列。在上述沉积过程中,有较多的热水沉积物质参与,形成菱铁矿(粉)砂岩、菱铁矿灰岩、铁锰碳酸盐岩、铁白云石千枚岩、黄铁绿泥石岩、重晶石岩等热水沉积岩,与铅锌成矿关系十分密切。泥盆系以碳酸盐岩为主要赋矿岩石的铅锌矿,自下而上其垂向结构为:泥砂质岩→薄层生物碎屑灰岩→厚层生物灰岩→块状白云岩化礁灰岩,构成向上明显变浅的沉积序列。在成岩过程中,有热水以喷流方式参与成矿,形成铁锰碳酸盐岩、重晶石砂岩、硅质白云岩、硅质岩等热水沉积岩。热水沉积岩往往是铅锌矿最直接赋矿岩石。

4.2.2 岩相古地理对成矿的控制

岩相古地理对镇旬盆地多金属矿控矿是十分明显的。区内东邻武当古陆,西为佛坪古陆,南有平利—牛山高地,北邻迷魂阵—板板山隆起。盆地沉积相带变化是东西向的,盆地是近南北向的。在南北方向上,区内有2条长约60 km,宽5~10 km的生物礁带,控制了沉积相带的展布及变化。从盆缘到盆地沉积中心,沉积相由潮坪相→潟湖相→台缘生物礁相→斜坡相→开阔台地相→盆地相演化。区内碳酸盐台缘层控铅锌矿主要分布在南北向生物礁相带中^[7]。

细碎屑型铅锌矿分布在浅水陆棚相、开阔台地相带中,并与热水沉积洼地有关。双河镇组属于陆缘裂陷盆地次稳定性沉积建造,以粉砂质、泥质成分为主,属水体相对较深的还原环境;水洞沟组为陆缘海盆滨海潮坪较稳定的沉积建造,以泥质粉砂质为主,属水体浅的氧化环境。纵剖面上,矿体赋存于相变界面之下的粉砂质、砂质岩层中,相变界面之上泥质岩层中无矿化现象。

4.2.3 构造对成矿的控制

构造对成矿的控制主要表现为:盆地边缘、构造层次、构造样式等分别控制了矿田、矿床和矿体的形态与展布。

区内铅锌矿分布于具双重结构(即下有隐伏基底,上有沉积盖层的二元结构)的沉积盖层,矿体产于临近基底的盖层有利岩石组合,即泥质-粉砂岩、碳酸盐岩中。沉积盆地边缘是区域性同生断裂发育部位,同时也是构造变形软弱滑脱带与岩性岩相变化最剧烈的地带。因此,控制了铅锌矿带的宏观空间展布形态。

在不同构造体制和构造深度下,由于热动力变形机制差异,形成的不同构造层次分别控制了不同类型的矿产。在盆地西缘,志留纪沉积期由于受南秦岭大规模裂陷作用和强烈的水平分层剪切,中深部构造层次的深水盆地泥砂质、炭质岩石产生塑性变形,以顺层板理为变形面,形成一系列顺层面理,顺层掩卧褶皱、构造石香肠。深部成矿物质沿同生断裂及顺层劈理发生活化迁移,形成矿源层,进而在构造改造下沿断层、裂隙带聚集成矿,形成细碎屑岩热水沉积-改造型铅锌矿^[8]。在泥盆纪—三叠纪沉积期,盆地处于中浅构造层次,以脆性变形为主,形成不同规模、序次的大中型直立倾竖褶皱及逆冲推覆、剪切走滑断层。

不同构造规模、序次对成矿控制作用不同。①区域构造控制了矿带分布,如大羊山复向斜、旬阳复背斜及麻坪河断裂、吕河断裂,控制了以铅锌矿为主的多金属矿带。②矿区构造组合控制了矿床分布。矿床多位于区域断裂带特别是同生断裂带上,并受区域性褶皱两翼和次级背向斜轴部发育的压扭性和张扭性断层控制,构造叠加明显;区内铅锌矿床往往分布于东西向褶皱断裂带与近南北向同生断裂交会处。③层向断层或构造滑脱带控制了矿体产状、规模,矿体就位于构造交汇部位、同沉积洼地等易形成热水沉积岩分布地段。

4.3 聚矿盆地的时空演化规律

产于古生代沉积盆地中的旬北地区铅锌矿,与沉积盆地演化及热水沉积密切相关,具有明显的时空演化规律。

4.3.1 聚矿盆地的时空演化

在时间上,早古生代盆地普遍裂陷沉降,寒武纪—早志留世发育了一套炭(硅)质岩-碳酸盐岩-泥质岩组合,这一“黑色岩系”地层中Au、Ag、Hg、Sb、Pb、Zn、Fe、Ba、V、Mo、U等元素富集,不仅是晚古生代—中生代热水成矿重要的矿源层,也是区域上重要的含毒重石、重晶石层位之一。志留纪早中期,以钠长石岩、重晶石岩热水沉积系列为主热水沉积岩中,形成了区内众多的铅锌金钼等热水沉积矿产,热水沉积主成矿期形成层状的细碎屑岩型铅锌矿床。早泥盆世沉积中可能有同生汞锑铜初步富集;中泥盆世热水沉积体系发展到高峰期,铁锰质进入流体,在以铁锰碳酸盐岩、硅质岩系列为主热水沉积岩中,形成碳酸盐岩铅锌矿床;海底喷气成矿作用可能一致持续到晚泥盆世—早石炭世。至三叠纪海盆经历了挤压造山作用,盆缘的逆冲断裂在循环热水作用下,汞锑铅锌成矿物质进一步改造富集成矿。

4.3.2 铅锌矿成矿规律

铅锌矿成矿规律主要表现在两方面,即不同沉积环境下沉积成矿的差异性和矿化在空间上的分带性。

在古生代沉积盆地演化中,志留纪早期沉积环境为次深海相沉积,中晚期为浅海陆棚相沉积,热水沉积岩叠加于正常的次稳定型细碎屑岩中,构成重晶石岩-钠长石岩系列,形成细碎屑岩热水沉积-改造型铅锌矿。在盆地边缘,随着侧向加积,自西向东,中志留统双河镇组矿化层位逐渐升高。中泥盆统石家沟组沉积环境主要为浅水陆棚相-碳酸盐台缘相,形成碳酸盐岩热水沉积喷流型铅锌矿。

在空间上,区内大致以公馆-白河断裂为界,北部为汞锑金矿带,南部为铅锌重晶石矿带,自北向南,成矿元素具汞锑(金)-铅锌(金)-重晶石水平分带性。垂向上,上部以方铅矿化为主,下部以闪锌矿化为主,局部地段有热水沉积重晶石矿化(南沙沟铅锌矿区)和磁黄铁矿(江坡铅锌矿、黄石板铅锌矿)产出。在泗人沟-南沙沟铅锌矿带,矿体下盘围岩蚀变以钠化、绿泥石化、石榴子石化、硅化为主,上盘以蛭石化、黑云母化、铁碳酸盐化为主。部分矿体下部为块状矿体,以锌为主,上部为脉状或层纹状矿体,且以铅为主;矿体构造下部多以块状、浸染状、角砾状为主,上部为脉状或层纹状构造。成矿流体旋回性造成区内多个不同的成矿层位,形成了旬北地区两种类型 4 个含矿层位 3 个矿带的铅锌矿。

5 结 语

南秦岭铅锌矿和热水沉积岩产于扬子板块被动大陆边缘区的次稳定型沉积建造中。区域构造应力以南北方向为主,区域性同生断裂活动控制了二级和三级盆地的发生和发展,形成“地堑式”断陷或裂陷型盆地,同沉积断裂活动不但为热水溶液的上升提供了通道,而且在盆地中又形成了次级海底热水沉积洼地,为热水成矿和矿体富集提供了沉积场所。

加里东-海西期,盆地处于伸展过程中,随着地壳下沉和水体加深,沉积环境相对还原和偏碱性,易产生同沉积断裂和海底热水沉积洼地,造成温度、物质组分、盐度异常,在盆地内形成早期热水喷流沉积和晚期热水喷气沉积;印支-燕山期,区内处于挤压构造体制,水体变浅,沉积环境相对氧化和多变,易产生褶皱和脆-韧性断裂,岩石往往发生区域变质和动热变质,使原先生成矿源层进一步活化,在适宜的部位热水溶液交代泥砂质岩石并在构造减压沸腾条件下,形成热水沉积-改造型铅锌矿。

参考文献(References):

- [1] 祁思敬,李英,曾长仁,等. 秦岭泥盆系铅锌成矿带 [M]. 北京:地质出版社,1993:187-216.
 Qi Sijing, Li Ying, Zeng Changren, et al. Land-Zinc Metallogenic Belt of Devonian System in Qinling Mountains [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993:187-216(in Chinese).
 [2] 唐永忠,吴帮朝. 陕西镇安-旬阳盆地汞锑铅锌金成矿控制条件

[J]. 地质通报, 2003, 22(增刊):49-53.

- Tang Yongzhong, Wu Bangcao. Study of metallogenic condition of Devonian and Silurian lead-zinc gold deposits in Zhenan-Xunyang ore field[J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(Supp.):49-53(in Chinese with English abstract).
 [3] 宋小文,侯满堂,朱经祥,等. 陕西旬阳地区志留系铅锌矿矿区特征及其成因初探[J]. 陕西地质, 2003, 21(1):1-9.
 Song Xiaowen, Hou Mantang, Zhu Jingxiang, et al. The genesis and lead-zinc mineralized zones in Xunyang area of Shaanxi Province[J]. Geology of Shaanxi, 2003, 21(1):1-9(in Chinese with English abstract).
 [4] 侯满堂,王党国,杨宗让. 陕西马元地区铅锌矿地质特征及找矿远景[J]. 中国地质, 2007, 34(1):101-109.
 Hou Mantang, Wang Dangguo, Yang Zongrang. Geological characteristics of lead-zinc mineralized zones in the Mayuan area Shaanxi, and their ore prospects [J]. Geology in China, 2007, 34(1): 101-109(in Chinese).
 [5] 齐文,侯满堂. 镇旬矿田泥盆系和志留系铅锌矿的成矿地质条件分析[J]. 中国地质, 2005, 24(3):452-462.
 Qi Wen, Hou Mantang. Study of metallogenic condition of Devonian and Silurian lead-zinc deposits in Zhenxun ore field[J]. Geology in China, 2005, 24 (3):452-462 (in Chinese with English abstract).
 [6] 侯满堂,唐永忠. 陕西旬阳地区志留系铅锌矿带成矿地球化学特征及物理化学条件[J]. 西北地质, 2006, 39(3):28-38.
 Hou Mantang, Tang Yongzhong. Metallogenic geochemistry and physico-chemical conditions of Silurian Pb-Zn mineralization in the Xunyang County, Shaanxi [J]. Northwest Geology, 2006, 39(3): 28-38 (in Chinese with English abstract).
 [7] 杨志华,郭俊峰,苏生瑞,等. 秦岭造山带基础地质研究新进展 [J]. 中国地质, 2002, 29(3):246-256.
 Yang Zhihua, Guo Junfeng, Su Shengrui, et al. New advances in the geological study of the Qinling orogen [J]. Geology in China, 2002, 29(3):246-256(in Chinese with English abstract).
 [8] 祁思敬,李英. 南秦岭晚古生代海底喷气-沉积成矿系统 [J]. 地学前缘, 1999, 6(1):171-179.
 Qi Sijing, Li Ying. The upper Paleozoic submarine exhalative-sedimentary Metallogenic system in South Qinling[J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(1):171-179(in Chinese with English abstract).
 [9] 祁思敬,李英,魏合明,等. 秦岭热水沉积型铅锌(铜)矿床[M]. 北京:地质出版社, 1993.
 Qi Sijing, Li Ying, Wei Heming, et al. Lead-Zinc Metallogenic (Copper) ore Deposits of Hydrothermal Sedimentary Type in Qinling Mountains[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993 (in Chinese with English abstract).
 [10] 薛春纪. 秦岭泥盆纪热水沉积 [M]. 西安:西安地图出版社, 1997:85-122.
 Xue Chenji. Hydrothermal Sediment of Devonian Period in Qinling, China [M]. Xi'an: Xi'an Cartographic Publishing House, 1997:85-122(in Chinese).

- [11] 薛春纪, 刘淑文, 李强, 等. 南秦岭旬阳盆地地下古生界热水沉积成矿地球化学[J]. 地质通报, 2005, 24(10/11):927-934.
Xue Chenji, Liu Shuwen, Li Qing, et al. Hydrothermal sedimentary diagenetic and metallogenic geochemistry of Lower Paleozoic in Xunyang basin in the northern margin of Yangtze plate [J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24 (10):927-934(in chinese).
- [12] 刘淑文, 薛春纪, 李强, 等. 秦岭旬阳盆地地下古生界钠长石岩石学和地球化学特征[J]. 中国地质, 2005, 32(3):424-433.
Liu Shuwen, Xue Chenji, Li Qing, et al. Geology and geochemistry of Lower Paleozoic albitite in the Xunyang basin, in Qinling [J]. Geological in China, 2005, 32(3):424-433(in Chinese with English abstract).
- [13] 方维萱. 秦岭造山带中热水沉积成矿盆地的研究思路与方法初探[J]. 西北地质科学, 1999, 20(2):28-41.
Fang Weixuan. Qinling orogen of hydrothermal depositional mineralization in Palaeozoic sedimentary basin [J]. Northwest Geoscience, 1999, 20(2):28-41(in Chinese with English abstract).
- [14] 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 秦岭造山带与大陆动力学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001, 501-580.
Zhang Guowei, Zhang Benren, Yuan Xuecheng, et al. Qinling Orogen and Land Metallogenic [M]. Beijing: Science Press, 2001, 501-580(in Chinese).
- [15] 唐永忠, 侯满堂. 南秦岭古生代沉积盆地沉积-构造事件与热水沉积成矿[J]. 矿产与地质, 2006, 20(2):102-108.
Tang Yongzhong, Hou Mantang. Sedimentary-tectonic event and hydrothermal depositional mineralization in Palaeozoic sedimentary basin, south Qinling [J]. Mineral Resources and Geology, 2006, 20(2):102-108(in Chinese with English abstract).
- [16] 胡宁, 熊成云, 谢才富. 陕西山柞旬地区泥盆纪沉积相古地理研究[J]. 华南地质与矿产, 2001, (1):48-52.
Hu Lin, Xiong Chengyun, Xie Caifu. Study on Devonian Sedimentary facies and paleogeography in Shanyang -Zhashui - Xunyang area of Shaanxi Province [J]. Geology and Mineral Seoureces of South China, 2001, (1):48-52 (in Chinese with English abstract).
- [17] 方维萱, 卢纪英, 张国伟. 南秦岭及邻区大陆动力成矿系统及成矿系列特征与找矿方向[J]. 西北地质科学, 1999, 20(2):1-14.
Fang Weixuan, Lu Jiying, Zhang Guowei. On metallogenic system of continental dynamics and characteristics of metallogenic series and prospecting orientaton in the south Qinling and its vicinity areas [J]. Northwest Geoscience, 1999, 20(2):1-14(in Chinese with English abstract).
- [18] 肖荣阁, 张汉城, 陈卉泉, 等. 热水沉积岩及矿物岩石标志[J]. 地学前缘, 2001, 8(4):379-385.
Xiao Rongge, Zhang Hancheng, Chen Huiquan, et al. Hyhrothermal sedimentary rock and indicators of minerals and rocks [J]. Earth Science Frontiers, 2001, 8(4):379-385(in Chinese with English abstract).
- [19] 肖荣阁, 张宗恒, 陈卉泉, 等. 地质流体自然类型与成矿流体类型[J]. 地学前缘, 2001, 8(4):245-251.
Xiao Rongge, Zhang Zonghuan, Chen Huiquan, et al. Type of indicators of geological fluids and ore-forming fluid [J]. Earth Science Frontiers, 2001, 8 (4):245-251 (in Chinese with English abstract).
- [20] 姚书振, 丁振举, 周宗桂, 等. 秦岭造山带金属成矿系统[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2002, 27(5):599-603.
Yao Shuzhen, Ding Zhenju, Zhou Zonggui, et al. Metallogenic systems of Qinling Orogen [J]. Earth Science -Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(5):599-603(in Chinese with English abstract).

Paleozoic hydrothermal sedimentary basin and hydrothermal sedimentary mineralization in the Southern Qinling

TANG Yong-zhong¹, Qi Wen^{1,3}, LIU Shu-wen², HOU Man-tang¹

(1. Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an, 710054, Shaanxi, China;

2. Institute of Resources, Chang'an University, Xi'an, 710054, Shaanxi, China; 3. China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract: An Early Paleozoic to Middle Mesozoic sequence of carbonate rocks with finely clastic rocks occurs in the Paleozoic South Qinling sedimentary basins at the passive continental margin of the northern part of the Yangtze plate. A huge and unique lead-zinc-gold polymetallic metallogenic belt formed there. Normal sediments and hydrothermal sediments coexist in the same rift or downfaulted basins formed in an extensional regime. The hydrothermal sediments superimposed upon the normal sediments, which was a "sudden or catastrophic event", have the special material composition and mode of occurrence. Recognition and hierarchical division of the sedimentary ore-forming basins in this area show that several third-order tectono-hydrothermal sedimentary subbasins usually occur at margins of second-order sedimentary subbasins. They are controlled by contemporaneous faults and characterized by particular sedimentary facies, hydrothermal sedimentary rock associations, significant ore-forming processes and wide distribution of geophysical and geochemical anomalies. The third-order tectono-hydrothermal sedimentary subbasins are tectonic spaces for localization of ore deposits, and the fourth-order hydrothermal sedimentary subbasins are spaces accommodating orebodies (ore beds). The hydrothermal sedimentary rocks in the region are mainly barite (witherite) rock, siliceous rock, albite rock and ferro-carbonate rock. Mineral resources such as lead, zinc and barite mostly occur in the hydrothermal sedimentary rocks or in their hanging walls. The hydrothermal sedimentation generally evolved from early-stage hydrothermal eruption and replacement through main-stage hydrothermal effusion to late-stage hydrothermal exhalation. The early-stage hydrothermal eruption and replacement usually result in stockwork and brecciform mineralization along the conduits of ore fluid eruption. The main-stage hydrothermal effusion mainly gives rise to hydrothermal effusion facies and polymetallic mineralization, characterized by massive, banded and laminar ores or hydrothermal sedimentary rocks. The late-stage hydrothermal exhalation mainly produces disseminated ores and exhalative rocks.

Key words: South Qinling; hydrothermal sedimentary basin; hydrothermal sedimentary mineralization

About the first author: TANG Yong-zhong, male, born in 1965, senior engineer, engages in geological exploration and research; E-mail: ltangyongzong@163.com.