

文章编号: 1000-0550(2001)01-0048-07

# 秦岭造山带泥盆系热水沉积岩相应用研究及实例<sup>①</sup>

方维萱<sup>1,3</sup> 张国伟<sup>2</sup> 胡瑞忠<sup>1</sup> 刘方杰<sup>2,3</sup>

1(中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放研究实验室 贵阳 550002)

2(西北大学地质学系 西安 710069) 3(西北有色金属地质勘查局 西安 710054)

**摘要** 构造—热水沉积岩相与盆地的古地理环境, 热水沉积岩相与热水沉积成矿, 热(水)流体岩相与构造背景、构造古地理, 它们之间有密切地内在联系. 应用热水沉积岩相、沉积相及沉积体系分析方法, 对凤县铅铜山—双石铺三级构造热水成矿盆地进行研究.

**关键词** 热水沉积岩相 热水沉积盆地 泥盆系 凤太地区 秦岭造山带

**第一作者简介** 方维萱 男 1961年出生 高级工程师 博士后 构造地质

**中图分类号** P611.2<sup>+</sup>2 **文献标识码** A

## 1 引言

秦岭造山带是典型的复合型大陆造山带, 具有长期的演化历史、复杂的组成与结构<sup>[1]</sup>, 也是我国重要的巨型金属成矿带<sup>[2]</sup>. 热水沉积盆地与热水沉积成岩成矿系统在秦岭造山带造山过程中及热水沉积型金属矿床成矿过程中具有十分重要的作用, 热水沉积盆地与热水沉积成岩成矿系统的研究, 首先要研究热水沉积岩相. 因此, 研究热水沉积岩相的分类及特征有较大的实用价值, 也有助于深化对热水沉积作用的认识. 大陆造山带的流体地质作用及流体成矿作用是当前国际研究的科学前沿课题<sup>[3~11]</sup>, 研究热水沉积盆地中的重要物质组成—热水沉积岩相的类型划分、地质特征及应用, 也有助于从流体地质角度认识大陆造山过程中盆—山转换及耦合关系. 大陆内盆地—山脉构造运动假说是研究大陆动力学的新思路, 热水沉积岩相的建立<sup>[12]</sup>, 对于大陆造山带中热水沉积盆地的形成与演化提供了有效研究方法思路. Waker(1979)认为相模式除了包括本身的特点之外, 还应包括如下四个方面的作用: ①可以作为进一步研究和对比的标准; ②可以作为进一步研究的提纲和指南; ③可以对新区进行预测; ④可以作为环境或体系水动力学条件解释的基础. 为了适应沉积盆地分析的需要, 60年代末又出现了沉积体系的概念, 沉积体系是指与作用相关沉积相的集合体(Scott and Fisher, 1969), 同期沉积体系联接而成的等时地层体被称为沉积体系域(Brown and Fisher, 1977), 但均以沉积相研究为基础, 强调对有成

因联系的沉积相及其构成的地层, 从三维或四维空间—时间域上进行研究<sup>[13]</sup>. 沉积相及沉积体系分析是进行沉积盆地研究分析的主要方法.

## 2 秦岭造山带泥盆系热水沉积岩相应用研究

秦岭造山带泥盆系中大型—超大型矿床明显受地层及层位控制, 主要产于下泥盆统向中泥盆统过渡部位及中泥盆统向上泥盆统过渡部位. Hg-Sb 矿床主要产于上泥盆统公馆组白云岩中, 银多金属矿床、铅锌矿床主要产于中泥盆统古道岭组碳酸盐岩向上泥盆统星红铺细碎屑岩过渡部位的一套热水沉积岩中. 金矿多集中产于上泥盆统细碎屑岩中. 大型—超大型矿床集中区多以“面型”分布, 在很小范围内, 集中产出一系列大型—超大型金属矿床(图1).

### 2.1 构造—热水沉积岩相与盆地的古地理环境

沉积盆地是受构造扩张作用引起裂隙、拗陷或断陷作用所形成. 三级盆地是在一级沉积盆地中, 受到同构造期局部构造动力学机制所控制的, 成盆的构造作用主要表现为断陷、裂隙、张剪性(拉分盆地)及其在时间序列上组合. 热水活动受构造作用控制更为明显, 热水受构造动力驱动(或热机制驱动)而从深部向地表低压带运移, 三级盆地为热水成岩成矿作用提供了构造空间, 同生断裂为热水喷溢进入三级盆地提供了构造通道. 构造扩张作用形成同生断裂和三级盆地. 三级盆地形成之前, 表现为浅水沉积体系/深水沉积体系, 它能够指示热水沉积盆地形成前的构造古

<sup>①</sup> 国家重大基础研究规划项目(G1999043200)、国家自然科学基金秦岭重点项目(批准号: 49732080)及中国有色金属工业总公司人才培养基金等联合资助

收稿日期: 2000-02-22; 收修改稿日期: 2000-06-13

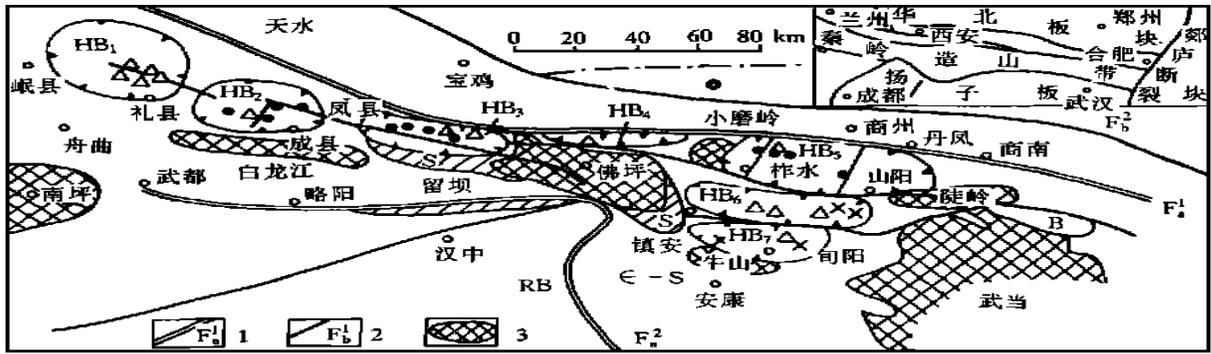


图1 秦岭造山带泥盆纪盆地格局与金属矿床分布略图

1. 板块缝合带( $F_1^1$  商丹带,  $F_1^2$  勉略带); 2. 区域大断裂及编号; 3. 垂向基底隆起构造区(大陆热点区);  $HB_1$ , 岷礼一级拉分盆地(秦岭微板块北缘);  $HB_2$ , 西成一级拉分盆地(秦岭微板块内);  $HB_3$ , 凤太一级拉分盆地(秦岭微板块内);  $HB_4$ , 板沙拉分盆地(秦岭微板块北缘);  $HB_5$ , 柞山断陷盆地(秦岭微板块北缘);  $HB_6$ , 镇安半地堑式盆地(秦岭微板块内);  $HB_7$ , 旬阳半地堑式盆地(秦岭微板块内); B, 浙川半地堑式盆地; RB, 勉略—高川裂谷型盆地(有限洋盆);  $\epsilon \sim S$ , 早古生代隆起区;  $\circ$ —多金属矿床;  $\triangle$ —金矿床;  $\times$ —汞锑矿床

Fig. 1 Locations of metal deposits and Devonian basins in Qinling orogenic belt

地理条件与构造—沉积背景。同生断裂活动而引起三级盆地的成盆作用, 在同生断裂附近发育局部的热水活动, 并共生含同生角砾的滑塌沉积。限于同生断裂附近活动的热水, 沿构造通道(同生断裂)形成了热水充填—同生交代微相。构造拉伸扩张作用强烈时期, 形成了大量的热水喷溢活动, 热水同生沉积微相广泛分布于三级热水沉积盆地之中。不同成分、性状的热热水沿构造通道多次喷溢; 在三级热水沉积盆地中形成了热水混合同生沉积微相, 因先存沉积物封存热水喷溢通道, 而后继热水形成了液压致裂—热水爆炸微相, 形成各种含矿的热水角砾岩。由于构造扩张作用而引起了拉伸下陷, 热水沉积盆地处于深水—半深水沉积环境中, 构造扩张作用减弱, 热水活动只限于其先存通道(同生断裂)附近, 热水充填—同生交代微相发育。这种构造—热水沉积可以是多旋回的, 并被热水沉积岩相所记录。总之, 热水成岩成矿作用明显受着构造作用的控制, 热水沉积岩的亚相、微相也是一定构造—沉积(热水沉积)演化旋回中, 特定时间序列、特定构造背景及特定构造古地理环境中, 不同的热水成岩成矿作用所形成, 从构造—热水沉积岩相恢复再造三级热水沉积盆地的古地理环境。秦岭造山带泥盆纪构造—热水沉积岩相与三级热水沉积盆地的古地理环境关系见表1<sup>[14]</sup>。

## 2.2 热水沉积岩相与金属成矿

60年代以来, 许多国家和地区先后发现了陆相和海相热水活动, 如红海、索尔顿湖, 现代及古代热水成岩成矿作用引起了国内外许多学者的重视和研究。早

期研究者强调热水作用, 把循环流动在海洋盆地基底岩石中的热水体系到达涌出界面附近发生的作用称为热水沉积作用<sup>[4]</sup>, 由此形成的矿床为热水沉积矿床。涂光炽<sup>[15]</sup>认为“热水沉积矿床是指热水介质中(海水、湖水、热泉等, 水温在70~350℃或更高)形成的矿床。矿床主体以沉积方式形成于水—岩石界面之上的水体中, 但也包括此界面之下可能存在的, 以交代和充填方式形成的筒状、锥状或面型含矿蚀变体, 二者可共生或分别出现”。因这一概念的具体、全面和实用性强, 得到了广泛的推广和应用, 我国关于热水沉积矿床的研究也走向高潮。陈先沛等人<sup>[17]</sup>在研究基础上, 提出了热水成岩成矿作用类型及岩石学标志, 认为热水沉积作用与热水的动力作用、交代作用、充填作用是密不可分的, 是同一地质作用的几个不同方面。热水沉积岩和矿石中条带和纹层构造是常见的热水沉积构造。从80年代开始, 前人对热水沉积岩及热水沉积矿床进行了详细的研究, 并注意研究热水沉积作用与沉积环境、沉积盆地之间的关系, 热水成岩成矿作用机理、方式及热水沉积岩相逐渐成为关注核心问题<sup>[15~20]</sup>。

沉积盆地中热水成岩成矿作用主要是受流体地球化学动力学的制约, 而且是在构造—流体—成岩成矿作用多重耦合条件下, 发生非平衡热水体系的失稳, 触发矿质骤沉。而这些热水成岩成矿作用发生和保存的必需条件是三级构造热水沉积盆地, 它是热水沉积岩及热水沉积矿床的容纳空间, 是巨大“热化学反应库”。从另一个角度看, 热水沉积岩是三级构造热水沉积盆

表 1 构造—热水沉积岩相与盆地的古地理环境

Table 1 Relationships between paleogeographical environments and tectonics-hydrothermal subfacies

古地理环境	亚相组合	微相组合
盆地边缘相	硅质铁白云岩—硅质岩亚相	热水同生交代微相
	铁绿泥石岩亚相	
	磁铁矿—铁绿泥石岩相	
同生断裂 (热水喷溢构造通道)	钠长岩—似碧玉岩亚相	热水液压致裂—热水 爆炸微相
	硅质铁白云岩—硅质岩亚相	
	重晶石岩亚相	
盆地边坡相	钠长岩—似碧玉岩亚相	热水混合同生沉积微相 热水混合同生沉积微相 热水混合同生沉积微相
	硅质铁白云岩—硅质岩亚相	
	镁铁碳酸盐岩亚相	
	重晶石岩亚相	
盆地中心相	钠长岩—似碧玉岩亚相	热水同生沉积微相微相、 热水混合同生沉积微相 热水同生交代微相(下伏沉积物)
	硅质铁白云岩—硅质岩亚相	
	镁铁碳酸盐亚相	
	重晶石岩亚相	
	铁绿泥石岩相	

地主要的物质组成,热水沉积岩相及其共生的具有有机联系的沉积相共同组成了盆地的充填地层体。因而从热水沉积岩相的亚相、微相及其共生沉积相的研究可以恢复重建三级构造热水沉积盆地的构造古地理环境;同时,热水沉积岩是热水沉积—改造型金属矿床的重要物质组成,有些热水沉积岩(如重晶石岩、菱铁矿岩)本身就是十分重要的矿石(床)。所以热水沉积岩相的亚相、微相研究就十分重要,这是研究三级构造热水沉积成矿盆地及热水沉积—改造型金属矿床的基础。不同热水沉积岩相的亚相、微相所示的矿种类型<sup>[12]</sup>,出现这些热水沉积岩的亚相及微相地区是主要的找矿方向。热水沉积岩相中的各类亚相及微相发育齐全、分异良好、分带现象显著,热水沉积岩相形成时为伸展构造动力学背景,因伸展裂隙/断层等构造作用,为热水沉积岩相及热水沉积矿床的形成提供了足够大的构造—沉积容纳空间,具有这种热水沉积岩相及构造—热水成岩成矿的最佳耦合条件是寻找大型—超大型矿床及矿集区的重要标志<sup>[21~25]</sup>。

### 2.3 热(水)流体岩相与构造背景、构造古地理

三级热水沉积盆地萎缩封闭之后,热水活动受到明显限制,在构造动力驱动之下,沿先存的热通道(如山阳—凤镇—凤县同生断裂)向地表浅压带运移,但因缺乏三级盆地这一特定的成矿构造单元,热水活动在东西长达 400 km 的山阳—凤镇—凤县同生断裂附近以热流体以充填、交代作用及隐爆作用等成岩成矿方式形成了碱性钠长岩—碳酸(角砾)岩带。显然,这种区域性深源碱性热流体的侵位方式及地质特征指

示了当时发生在陆内伸展环境的构造背景,它是在深刻的深部地质作用下,当时陆壳伸展作用最强烈的构造古地理空间,具有探索大陆动力学意义<sup>[14]</sup>。可能为海西期沿凤县—凤镇—山阳同生断裂(D)后期(C-P)深部地幔的热物质化学作用下,发生了再次活动,形成幔羽构造,发生陆壳上部的强烈伸展作用,并伴随着石炭—二叠纪走滑拉分盆地的形成与泥盆纪沉积盆地再度扩张裂隙。此时,受控于古特提斯构造域,但本区是由深源热化学作用所形成。以凤太泥盆纪一级沉积盆地中西部凤县二级盆地为例,秦岭泥盆纪三级盆地中构造—热水沉积岩相时空分布与演化及与金属矿床的关系见图 2。

## 3 凤县铅硐山—双石铺三级构造热水成矿盆地分析

铅硐山—双石铺三级构造热水沉积成矿盆地位于凤县二级盆地的西南边缘上,北西西向长约 6 km,北东东向宽约 4 km,现今面积为 24 km<sup>2</sup> 的长矩形,现已探明的矿床有铅硐山大型铅锌矿床、手搬崖、银硐梁及峰崖等三个中型铅锌矿床,其寻找铅锌金矿仍有巨大潜力。

### 3.1 盆地充填史分析与构造盆地形成、发展

#### 3.1.1 浅水碳酸盐沉积

从横向上的相序(从下向上)为台地碳酸盐岩→生物礁灰岩→半深水盆地边缘相(砂—泥质灰岩)两个旋回显示了由碳酸盐组成的台地曾一度加深。从心红铺剖面向东相变为生物(滩)礁相区<sup>[26]</sup>,向西到铅硐山—

手搬崖矿区生物礁相比较稳定,反映了侧向加积明显。西部铅硐山—双石铺半深水盆地相则比较发育,出现粉晶—泥晶灰岩、炭质灰岩/含炭灰岩,反映纵向上有明显的相序分异,三级沉积盆地在铅硐山以西已开始发育。

### 3.1.2 热水沉积体系

热水沉积体系由热水沉积岩相、半深水盆地生物

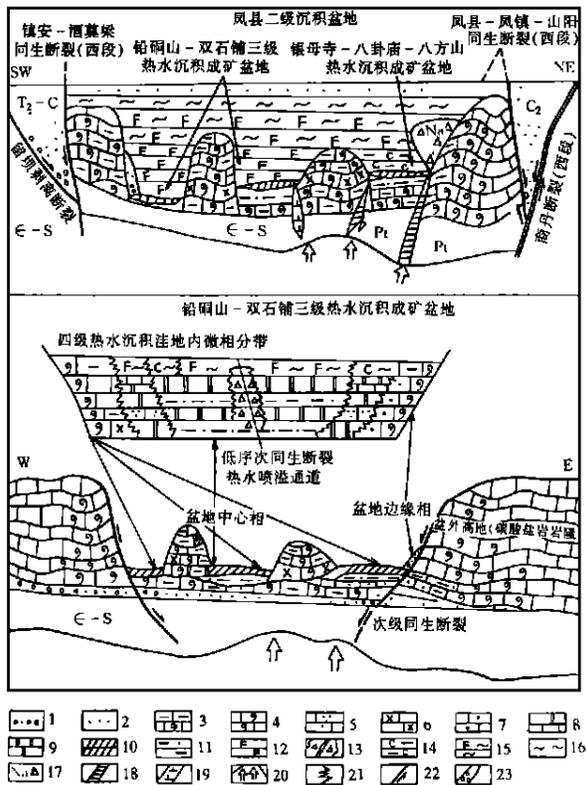


图 2 凤太泥盆纪三级盆地中构造—热水沉积岩相时空分布与演化示意图

Fig. 2 Sketch map of spatial and temporary evolution for tectonic-hydrothermal sedimentary facies in Fengtai Devonian three order-basin

1. 含砾砂岩; 2. 泥质粉砂岩; 3. 含炭生物灰岩; 4. 生物(礁)灰岩。a. 热水同生交代微相; 5. 铁白云质灰岩; 6. 硅化铁白云石化生物灰岩; 7. 硅质灰岩。b. 热水混合同生沉积微相; 8. 铁白云质硅质岩; 9. 硅质铁白云岩; 10. 硫化物岩微相(含矿硅质岩—含矿硅质铁白云岩—含矿菱铁矿铁白云岩)。c. 热水同生沉积微相; 11. 硅质岩; 12. 铁白云质泥岩(千枚岩)—铁白云岩。d. 热水液致裂微相; 13. 含矿硅质角砾岩—含矿硅质铁白云石角砾岩。e. 封闭、滞水盆地相(矿体覆盖保存层); 14. 炭质泥岩(千枚岩); 15. (含炭)铁白云质泥岩(千枚岩); 16. 绿泥石泥岩(千枚岩)。f. 热流体隐爆岩相; 17. 钠长石碳酸(角砾)岩—铁白云石钠长石(角砾)岩。g. 热流体充填岩相; 18. 钠长石碳酸岩脉; 19. 基性岩脉—闪长玢岩脉; 20. 盆地内伏热源区; 21. 微相相变界线; 22. 同生断层及运动方向; 23. 浊积岩层序; C<sub>2</sub>—中石炭统 T<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>C<sub>2</sub>—中三叠统一二叠系—中石炭系; D<sub>2j</sub>—上泥盆统九里坪组; D<sub>3x2</sub>—上泥盆统星红铺第二岩性段; D<sub>3x1</sub>—上泥盆统星红铺组第一岩性段; D<sub>2g2</sub>—中泥盆统古道岭组第二岩性段; D<sub>2g1</sub>—中泥盆统古道岭组第一岩性段; e-s—泥盆纪沉积盆地下伏寒武—志留系; Pt—元古代富钠火山岩。

灰岩—炭质灰岩相、(半深水)热卤水同生沉积铁白云质碎屑岩相组成。在层位上位于古道岭组顶部和星红铺组底部过渡部位,从时间序列上看:在两次裂陷成盆过程中均伴有镁碳酸盐质热水幕,形成了白云质灰岩。硅质热水沉积幕在古道岭组顶部已经开始,此时热水沉积作用不甚强烈,在手搬崖矿区 31 线及东部发育热水同生交代微相。矿层赋存于古道岭组厚层生物(礁)灰岩相中,含矿岩石为硅质生物灰岩—硅质岩—硫化物岩,矿层只限于同生断裂部位。古道岭阶末,由于剪张作用导致三级构造热水沉积成矿盆地的强烈裂陷沉降,沿同生断裂上升的热水大规模喷溢,形成了热水沉积岩相、铅锌矿层。星红铺阶初期,第三次热水幕式活动只限于同生断裂附近,形成含矿硅质铁白云岩。沉积相序(从下到上)为生物礁灰岩相→硅质热水幕→半深水生物碎屑灰岩/炭质灰岩相→铁镁碳酸质—硅质热水幕/矿层→铁白云质碎屑岩相→薄层灰岩夹铁白云质碎屑岩/含矿硅质白云岩/铁白云质泥岩相→绿泥石(绢云母)泥岩。

据王相等人<sup>[2]</sup>研究:凤太地区铅锌矿床 170 件硫化物中,硫同位素值为+3.0‰~+34.1‰,平均为+8.4‰,极差 37.1‰,其中 165 件为正值,说明本区铅锌矿床以富集重硫为特征。大多数样品(155 件)在+3.50‰~+12.5‰,表明硫化物的硫同位素组成相对稳定,代表了热水沉积成矿作用下的硫同位素组成。热水同生沉积成矿作用形成的矿石中,δD<sub>水</sub>为-110‰~-116‰,δ<sup>18</sup>O<sub>水</sub>为-15.3‰~-13.6‰。印支—燕山期改造成矿作用形成的矿石中,δD<sub>水</sub>为-92.4‰~-74.1‰,δ<sup>18</sup>O<sub>水</sub>为-13.8‰~-9.6‰,显示两期成矿作用的成矿流体中氢氧同位素组成有相当大的差异。凤太地区 5 件硅同位素样品采自铅硐山矿床、银母寺矿床铅锌矿化硅质岩,其中 3 件热水喷流沉积形成的贫矿石 δ<sup>30</sup>Si(-0.5‰~-0.2‰)与现代温泉硅华沉淀物 δ<sup>30</sup>Si(-0.6‰~0‰)和深海放射虫硅质岩 δ<sup>30</sup>Si(-0.6‰~-0.1‰)组成基本一致,接近现代海底“黑烟囱”硅质沉淀物 δ<sup>30</sup>Si(-3.1‰~-0.4‰)上限。2 件具脉状构造的富矿石 δ<sup>30</sup>Si(-0.2‰~-0.1‰)接近本区印支—燕山期花岗岩岩脉 δ<sup>30</sup>Si(-0.1‰~+0.1‰)组成,暗示了热水沉积成矿—动热改造迁移就位的矿床成因。

### 3.1.3 浅水陆源碎屑沉积

在铅硐山—双石铺三级构造热水沉积成矿盆地中,星红铺组第二、三岩段中,从下到上,泥质成分减少,钙质成分增加,砂质及粉砂质由少到多,并有韵律状反复的特点。顶部的钙质沉积中砂质—粉砂质增高明显,与九里坪组钙质砂岩呈整合接触。沉积环境比

较动荡,但总体上陆源砂质成分增加,泥质成分减少,显示三级构造热水沉积成矿盆地逐渐收缩封闭的演化过程。

### 3.2 三级构造热水沉积成矿盆地的古地理重建

#### 3.2.1 古地理重建

构造—热水沉积岩相是重建三级构造热水沉积成矿盆地古地理的主要依据,可以根据进行构造古地理恢复,总体上看该三级构造热水沉积成矿盆地东西两端是被碳酸盐台地组成的岩隆所封闭,由生物(点)礁灰岩相组成的水下隆起分隔与低序次同生断裂分割着盆地内部,总体呈现出似地堑—地垒式形态。现具体分析如下(见图3):

在纵向上(自东向西)为:①苇子坪—石山坪为三级构造热水沉积盆地盆外相,由生物礁(滩)相组成了岩隆,构成了对三级构造热水沉积成矿盆地的封闭。②手搬崖36线~44线为三级构造热水沉积成矿盆地边缘相,由半深水滞流、还原盆地相(炭质灰岩、含炭生物礁灰岩)—热水沉积岩相(含矿硅质铁白云岩、铁白云质千枚岩、含矿硅质岩)组成。③手搬崖28线~12线、31线~47线、银硃梁111线~127线为三级构造热水沉积成矿盆地中心相,热水沉积岩相的微相(从下到上相序):热水同生交代岩微相(硅质灰岩、硅质铁白云岩)→热水充填交代岩微相(石英铁方解石岩)、热水

同生沉积—交代岩微相(硅质铁白云岩、含矿硅质铁白云岩、铁白云质灰岩)/热水混合同生沉积微相(硫化物岩、含矿硅质岩)→热卤水同生沉积岩微相(铁白云质千枚岩/炭质千枚岩,有*B*、*Mn*、*As*、*Sb*异常)→热水混合沉积微相(硅质铁白云岩、含矿硅质铁白云岩、铁白云岩)。④手搬崖4线、23线及银硃梁79线~63线为三级构造热水沉积成矿盆地中生物礁灰岩点礁(隆),它是盆地中一种分隔热水沉积洼地的构造高地,由半深水滞流、还原盆地相(含炭生物灰岩)→热水同生交代微相(硅质灰岩)→绿泥石千枚岩相组成。⑤在手搬崖31线~39线为盆地内更低序次同生断层发育部位,热水喷流在古道岭组发育侧向剧烈相变的铁白云质硅化含炭生物灰岩,有较强的*Pb*、*Zn*、*Ag*、*Sb*、*Mn*异常。热水同生交代微相在一侧顺层稳定发育,局部构成了铅锌矿层。古道岭组与星红铺组接触界面铅锌矿层厚大,热水沉积岩相发育厚度最大。星红铺组中有含矿硅质铁白云岩,并沿走向尖灭。星红铺组中热水同生沉积微相中,铁白云质千枚岩中 $B \geq 1000 \times 10^{-6}$ ,并有电气石产出。⑥谭家沟生物礁灰岩点礁(隆),在盆地西侧构成了阻隔封闭,星红铺组粉砂—泥质含量增高,形成了绢云母千枚岩,反映热水同生沉积的铁白云质千枚岩厚度薄,无*B*、*As*、*Sb*异常。而东侧的银硃梁135线处,铁白云质千枚岩的沉积厚度最

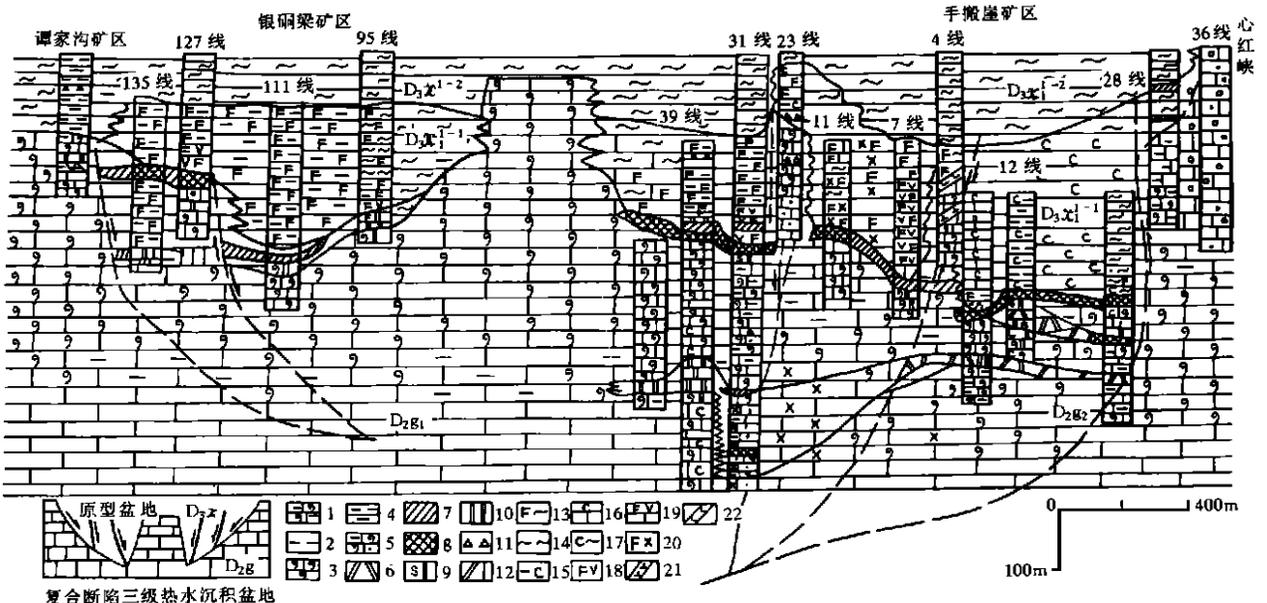


图3 银硃梁—手搬崖矿带构造—热水沉积岩相分析图

1. 含炭生物灰岩; 2. 钙质千枚岩; 3. 生物灰岩; 4. 炭质灰岩; 5. 硅化铁白云石化含炭生物灰岩; 6. 石英铁方解石岩; 7. 铅锌矿化层; 8. 铅锌矿层; 9. 硅质灰岩; 10. 硅质铁白云岩(*Mn*异常); 11. 构造角砾岩; 12. 黄铁矿化铁白云质灰岩(*As*、*Cu*异常); 13. 铁白云质千枚岩; 14. 绿泥绢云母千枚岩; 15. 含炭绢云母千枚岩( $D_3x_1^{-2}$ ); 16. 炭质千枚岩夹薄层灰岩( $D_3x_1^{-2}$ ); 17. 炭质千枚岩( $D_3x_1^{-1}$ ); 18. 铁白云质绢云母千枚岩(*As*、*B*); 19. 铁白云质千枚岩夹薄层灰岩(*Ag*、*B*异常); 20. 铁白云质千枚岩(*B*、*Mn*、*As*异常); 21. 闪长玢岩; 22. 基性岩脉

Fig. 3 Tectonic-hydrothermal sedimentary facies of the Yindongliang-Shoubanai deposit belt

大。结合勘探线剖面,从三维空间上看,铅硐山—双石铺三级构造热水沉积成矿盆地在平面上为左行斜列式四级热水沉积洼地及水下隆起组成,即铅硐山—东塘子、手搬崖、银硐梁、峰崖等四个四级热水洼地;在剖面上的形态为似地堑—地垒式组合,似地堑为热水沉积洼地,似地垒为由生物礁灰岩组成的水下隆起。是发育在碳酸盐岩台地之上三级构造热水沉积成矿盆地,具有张剪性裂隙盆地的特点,原型盆地为复合断陷型三级构造热水沉积成矿盆地。

### 3.2.2 沉积环境恢复

盆地内碳酸盐岩为一套含炭较高的粉晶灰岩,有较多炭质钙质千枚岩,生物化石少,以棘屑为主,毫米级水平层理发育,局部有夹碎屑流成因的砾屑灰岩;矿体上盘发育炭质千枚岩(炭质泥岩)、炭质硅质岩(含矿炭硅质岩),这些岩石中黄铁矿普遍发育。铅硐山东位于热水盆地的边缘,校正 B 含量( $n=8$ ) $162 \times 10^{-6}$ ,古海水中含盐度低,中心部位(银硐梁—手搬崖矿带)校正 B 含量达  $500 \times 10^{-6}$  以上,显示热卤水的特征。铅硐山矿体上盘的铁白云质千枚岩中,有 Ba、Sr、F、As、Sb、Hg 异常,指示了有低温热卤水的活动。在含矿热流体进入热水盆地后,热水沉积—交代岩相形成时,还原性骤增,已进入强烈还原状态, $Fe^{2+}/Fe^{3+}=7.26 \sim 12.22$ ,S  $1.54\% \sim 4.51\%$ ,有机碳  $0.19\%$ 。总之,该三级构造热水沉积成矿盆地的沉积环境为封闭、滞流、还原半深水的热热水沉积环境。

### 3.3 盆地内同生构造作用与盆地形成、演化

中泥盆世末在铅硐山—青崖沟产生了北东向的次级同生断裂,控制近东西向三级沉积盆地。同生断裂是控制三级构造热水沉积成矿盆地成盆的主要同生构造类型,同生断层(Synfault)识别的主要标志为其下降盘沉积岩层厚度大于上升盘相应的沉积岩层厚度,发育同沉积变形构造及热水活动的标志。铅硐山—双石铺三级构造热水沉积盆地东部心红峡中,中泥盆统古道岭组发育同生角砾岩,角砾为浑圆状白云岩, $MgO$  为  $11.0\%$ ,胶结物为与上、下岩性一致的结晶灰岩,古道岭顶部发育硅质铁白云岩,指示了有明显热水活动,向西侧热水沉积岩相发育,而东侧(石山坪—苇子坪)热水沉积岩相缺失,说明在热水成岩成矿作用发生的同时,NE 向同生断裂的上盘处于不断的沉降而为热水沉积岩相的形成提供了充足构造空间。用赤平投影方向恢复含碳硅质岩、硅质铁白云岩中同生变形角砾,倾向  $320^\circ \sim 324^\circ$ ,倾角为  $42^\circ \sim 65^\circ$ ,代表铅硐山—青崖沟北东向同生断层的产状。该同生断层的上盘铅硐山—双石铺)不断沉降,使三级盆地发育成盆。在手搬崖 31 线、28 线,同时发育了二条近北东向同生断

裂,热水沉积岩相在侧向上迅速尖灭,形成了具有似地堑式的四级断陷热水洼地。上泥盆统星红铺组下部,发育从泥质岩→含砾泥质岩→含泥砾岩→砾屑灰岩→海百合茎灰岩的浊积岩系,总厚度为  $8.0\text{ m}$ ,经统计砾石的总体方位为倾向  $30^\circ \sim 5^\circ$ ,倾角  $50^\circ \sim 84^\circ$ ,指示了在 NW 方向发育着同生断层作用,而银硐梁(135 线、111 线)及手搬崖(31 线、12 线、28 线)的上泥盆统星红铺组的地层厚度明显比两侧大,说明 NE 向同生断层作用仍在持续活动,总体表现为剪张性应力场中同生断层及沉积充填的地层特征。

热水沉积岩相的相分析方法在热水沉积盆地分析与研究中有十分特殊的作用。在热水沉积盆地的沉积充填史分析、古地理重建,热水沉积盆地的形成与演化分析与研究中有重要的作用。它是笔者在探索与建立热水沉积盆地分析与研究方法体系中所提出的基本方法之一,恳请同行专家提出批评与指导。

### 参 考 文 献

- 1 Zhang Guowei, Xiang Liwen, Men Qingren. The Qinling orogenic and Intracontinental orogen mechanisms [J]. Episodes 1995, 18(1-2): 36 ~ 39
- 2 王相,唐荣杨,李实等. 秦岭造山与金属成矿 [M]. 北京:冶金工业出版社,1996. 187 ~ 228
- 3 Yamamoto k. Geochemical characteristics and depositional environment of cherts and associated rocks in the Franciscan and Shimanto Terranes [J]. Sedimentary Geology 1987, 52: 65 ~ 108
- 4 Rona P A. Hydrothermal mineralization at seafloors spreading center [J]. Earth Science Reviews, 1984, 2: 1 ~ 796
- 5 Warren J K. Evaporites brines and base metals: What is an evaporite? Defining the rock matrix [J]. Australian J. of Earth Sciences, 1996, 43: 115 ~ 132
- 6 Warren J K. Evaporites brines and base metals fluids, flows and "the evaporite that was" [J]. Australian J. of Earth Sciences 1997, 44: 149 ~ 183
- 7 Oliver J. The spots and stains of plate tectonics [J]. Earth Science Reviews, 1992, 32: 77 ~ 106
- 8 翟裕生等著. 大型构造与超大型矿床 [M]. 北京:地质出版社,1998. 1 ~ 50
- 9 刘家军,郑明华,刘建明等. 西秦岭寒武系金矿床中硅岩的地球化学特征及其沉积环境意义 [J]. 岩石学报, 1999, 15(1): 145 ~ 154
- 10 肖庆辉,李晓波,贾跃明等. 当代造山带研究中值得重视的若干前沿问题 [J]. 地学前缘, 1995, 2(1-2): 43 ~ 50
- 11 贾跃明. 流体成矿系统与成矿作用研究初探 [J]. 地学前缘, 1996, 3(3-4): 253 ~ 258
- 12 方维萱,张国伟,芦纪英. 秦岭造山带泥盆系热水沉积岩相的亚相和微相划分及特征 [J]. 地质与勘探, 2001, 待刊
- 13 梅志超编著. 沉积相与古地理重建 [M]. 西安:西北大学出版社, 1994. 1 ~ 5
- 14 方维萱. 博士学位论文: 秦岭造山带泥盆纪构造热水沉积成矿盆地与流体成岩成矿特征及其演化规律 [D]. 西北大学地质学系, 1999.

- 6~39
- 15 涂光炽等著. 中国层控矿床地球化学(第三卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1988. 131~254
- 16 中国科学院矿床地球化学开放研究实验室著. 矿床地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1997. 248~265
- 17 陈先沛, 高计元, 陈多福, 董维全. 热水沉积作用的概念和几个岩石学标志[J]. 沉积学报, 1992, 10(3): 124~132
- 18 方维萱. 论流体成矿作用[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(2): 65~73
- 19 祁思敬, 李英等著. 秦岭泥盆系铅锌成矿带[M]. 北京: 地质出版社, 1993. 1~35
- 20 薛春纪. 秦岭泥盆系热水沉积[M]. 西安: 西安地图出版社, 1997. 1~50
- 21 方维萱, 卢纪英, 王东生. 初论秦岭造山带超大型金属矿集区研究与勘查技术[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6): 574~579
- 22 方维萱. 陕西铅铜山大型铅锌矿床热水沉积岩相特征[J]. 沉积学报, 1999, 17(1): 44~50
- 23 方维萱. 陕西银洞子一大西沟菱铁矿多金属矿床热水沉积相特征及成因[J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 431~438
- 24 方维萱, 张国伟, 黄转莹. 银洞子一大西沟特大型矿床中重晶石岩类特征及成岩成矿作用[J]. 岩石学报, 1999, 15(1): 121~128
- 25 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—兼论秦岭超大型金属矿集区的研究与勘查[J]. 西北地质科学, 1999, 20(2): 28~41
- 26 杨锦源, 张四喜. 秦岭凤太矿田层控铅锌矿床的岩相古地理环境[J]. 沉积学报, 1985, 3(1): 54~61

## On Implications of the Devonian Hydrothermal Sedimentary Facies in the Qinling Orogeny

FANG Wei-xuan<sup>1,3</sup> ZHANG Guo-wei<sup>2</sup> HU Rui-zhong<sup>1</sup> LIU Fang-jie<sup>3</sup>

1(LODG Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002)

2(Northwest University, Department of Geology, Xi'an 710069) 3(Northwest Geological Exploration Bureau CNNC Xi'an 710054)

### Abstract

The Qinling orogenic belt is located in the central China and is one of the most important intracontinental orogeny in the world. Devonian sedimentary basins are the major accumulation structures for Au-Ag-Pb-Zn deposits in the area. Fengtai Devonian pull-apart basin, one of the accumulation basins in the Qinling orogeny, hosted a series of large-superlarge Au-Pb-Zn deposits such as Qiangongshan and Dongtangzi large Pb-Zn deposits and Baguamiao superlarge Au deposits. Lead-zinc orebodies hosted at a suite of hydrothermal depositional rocks in the three-order hydrothermal basins. Therefore, research on relationship between the hydrothermal depositional facies and the three-order hydrothermal basin is the best way to understand the relationship between metal deposits and the hydrothermal depositional basin.

The concept of hydrothermal sedimentary rock facies at the Devonian in the Qinling orogeny has been initiated. Relationships between tectonic hydrothermal sedimentary facies and paleo-geographic framework of sedimentary basin, between hydrothermal sedimentary facies and mineralization of hydrothermal depositions, and between hydrothermal sedimentary facies and tectonic geographic framework are very important in the analysis of sedimentary basin. On the basis of associations of the hydrothermal sedimentary facies, sedimentary lithofacies, and sedimentary system, the Qiangongshan-Shuangshipu third-order hydrothermal depositional basin has been analyzed in this paper. Three depositional systems are recognized in the Qiangongshan-Shuangshipu third-order hydrothermal depositional basin. Carbonate rock formation was formed in a shallow water environment at the beginning of the three-order basin while fine clastic rock formation was formed in a shallow water environment at the closedown of the three-order basin. The hydrothermal depositional system between them was developed in half-deep or deep water, limited, reducing environment in the three-order hydrothermal basin. NE-trending synfault were responsible for the formation of the Qiangongshan-Shuangshipu downfaulted three-order basin. Based on analysis of paleotectonics and basin-filling sediments, the data suggests that the Qiangongshan-Shuangshipu three-order basin with hydrothermal depositions were probably formed in tectonics field of tensile-shear stress in the Middle-Late Devonian.

**Key words** hydrothermal sedimentary facies hydrothermal depositional basin Devonian Fengxian district the Qinling orogeny