

文章编号: 1000-0550(2013)02-0193-17

陕西柞—山—商晚古生代拉分断陷盆地 动力学与成矿作用^①

方维萱^{1,2} 刘家军¹

(1. 中国地质大学(北京)地质过程与矿产资源国家重点实验室 北京 100083; 2. 中色地科矿产勘查股份有限公司 北京 100012)

摘要 采用构造—岩相学和构造—热水沉积岩相填图研究,认为陕西柞水—山阳—商县(柞—山—商)晚古生代拉分盆地,在早古生代扬子板块北被动陆缘残余洋盆基础上,经历了志留纪—早泥盆世北秦岭岛弧造山带—残余洋盆转换过程。在中泥盆世演化为秦岭微板块北缘拉分断陷盆地,晚泥盆世叠加了深源碱性热流体叠加作用明显,形成了铁白云石钠质角砾岩相带,并发生了构造反转。石炭纪陆缘拉分盆地进一步发展演化为残余海盆萎缩封闭。这种造山带—沉积盆地—岛屿构造耦合与转换过程记录了由洋盆—岛弧碰撞造山转换为陆—陆碰撞造山过程。该拉分盆地中具有明显的区域成矿分带,与多期成矿成岩地质作用有关,在造山带—沉积盆地—岛屿构造耦合与转换中,中泥盆世柞—山—商拉分断陷盆地的四周被古陆块和造山带分隔,陆—陆碰撞过程驱动了造山带流体发生大规模排泄到该盆地内,在该拉分断陷盆地内形成了大规模热水沉积成岩成矿,各类热水沉积岩相发育。在该拉分盆地中,近东西向和北东向同生断裂作用形成了次级断陷盆地,为热水沉积成岩成矿提供了沉积容纳空间。热水沉积成因的银多金属—重晶石—菱铁矿矿床定位于三级和四级热水洼地。晚泥盆世—石炭纪近南北向的岩石圈地幔收缩,陆—陆碰撞收缩成为垂向热传输主要驱动力源,导致了陆壳尺度上碱性热流体被挤压垂向排出到陆表残余海盆之中,本区脉状富金镍钴铜矿与晚泥盆世—石炭纪深源碱性热流体隐爆作用形成的碱性铁白云石钠质角砾岩带密切相关。类卡林型金矿定位于该盆地上部基底构造层和盆地热水浊流沉积相内,主要与后期脆韧性剪切带有密切关系。

关键词 拉分盆地 盆地动力学 构造—岩相学 热水沉积岩相 构造—热流体叠加岩相

第一作者简介 方维萱 男 1961年出生 博士研究生导师 矿产普查与勘探 E-mail: fangweixuan@tom.com

中图分类号 P512.2 **文献标志码** A

0 引言

在秦岭造山带中,不同时代沉积盆地^[1-5]的构造岩相学记录、盆地动力学特征、盆地后期构造变形序列与构造岩相等,它们都记录了造山带与沉积盆地的形成演化与耦合转换过程,也是大陆动力学研究的热点问题之一,但北秦岭加里东期岛弧造山带与中秦岭泥盆—石炭纪沉积盆地—岛屿构造耦合与转换过程中,流体大规模运移规律及成岩成矿作用却研究不够深入。陕西柞水—山阳—商县泥盆纪一级盆地位于商丹断裂带和山阳—凤镇断裂之间,刘家军等^[6]认为柞水—镇安沉积盆地位于扬子板块北缘与华北板块间接合部位,属具向东走滑的大陆边缘裂谷—断陷盆地,盆地关闭是由于强烈陆内俯冲,同时盆地被挤压进入东西向展布的秦岭造山带。综合考虑秦岭早—晚古生代的构造—沉积相带、造山带与沉积盆地

耦合与转换、华北板块与扬子板块之间的深部大陆动力学背景等一系列因素^[7-21],前人^[1-5]认为陕西柞水—山阳泥盆纪沉积盆地,在早古生代是扬子板块北缘被动陆缘组成部分,由于南秦岭深部地幔柱上涌,形成了勉略泥盆—石炭纪有限洋盆逐渐打开,造成了秦岭微板块从扬子板块北缘分离并开始独立演化。柞—山—商泥盆纪沉积盆地成为秦岭微板块北缘的残余洋盆,到石炭纪演化为残余海盆。因柞—山—商与凤太、旬阳和西成等泥盆纪一级沉积盆地在内部物质组成、形成演化历史与大陆动力学有一定差异,在成矿序列和矿种组合上也有明显差异,该沉积盆地具有银金—多金属—重晶石—菱铁矿和金—镍—钴—砷等多矿种共伴生成矿特征^[12-15]。在构造—沉积相类型和结构上,该沉积盆地与秦岭其他沉积盆地^[22-30]具有明显不同,尤其是在柞—山—商泥盆纪一级盆地内,近年来发现了一批类卡林型金矿和钼

^①国家自然科学基金重点资助项目(批准号:41030423)和科技部转制科研院所专项资金项目(批准编号:2011EG115022)联合资助
收稿日期:2012-04-08; 收修稿日期:2012-05-13

矿^[31~35]类卡林型金矿仍有很大的找矿潜力。与秦岭造山带中其他泥盆纪沉积盆地形成演化类似,但柞—山—商沉积盆地内矿床组合、矿床主工业组分、共生组分与伴生组分差异甚大,对此依然有分歧和不同认识^[36~39],是什么盆地动力学因素造成了如此巨大的成矿组合差异?引起这种成矿组合和成矿规律差异的内在大陆动力学背景和过程是值得深入研究。

本文从北秦岭加里东期岛弧造山带、中秦岭与南秦岭沉积盆地—岛屿构造耦合与转换格局恢复重建,采用沉积盆地动力学分析和构造—岩相学研究新方法,从构造—沉积相类型、构造岩相学和相体填图研究,探讨柞—山—商泥盆纪拉分断陷盆地,对于金银多金属—菱铁矿—重晶石矿与类卡林型金矿之间的区域成矿分带规律及控制因素。

1 柞—山—商前泥盆纪基底特征与构造古地理位置恢复

1.1 盆地基底下部和上部构造层特征

陕西柞—山—商泥盆纪拉分盆地东侧、南侧和西侧为小磨岭—陡岭元古代基底隆起断块分隔,北侧与为商丹构造带为界,分隔了它与北秦岭加里东岛弧造山带,西侧为佛坪古陆块,这些前泥盆纪基底断块隆起和造山带在四周构成了对于柞—山—商泥盆纪拉分断陷盆围限和分隔(图1-2);它们物质组成也是该沉积盆地基底构造层的物质组成。在泥盆纪陆表海域中,分布一系列垂向基底隆起组成的岛屿构造(图1-2),它们是秦岭型第三类伸展构造的典型特征之一^[14]。小磨岭—陡岭元古代基底隆起在研究区南侧呈近东西向展布,是佛坪—小磨岭—陡岭—淮阳泥盆纪陆表海域内古陆岛屿链的主要组成,也是该盆地基底构造层下部构造层主要物质组成。

研究区西侧、东侧和南侧小磨岭—陡岭元古代基底隆起断块,属于不同构造体制下形成的构造断块或拼接地体^[41~46]。在这些构造断块之间,发育的基底断裂是柞—山—商泥盆纪沉积盆地基底下部构造层具有构造不稳定性的内在原因。这些基底断裂构造,为造山带流体萃取盆地基底构造层中成矿物质,发生大规模流体运移和成岩成矿提供了深部构造通道。柞—山—商泥盆纪沉积盆地基底下部构造层经历了中元古代裂谷作用、中元古代末—新元古代(晋宁期)俯冲碰撞和挤压收缩,新元古代以后经历了陆缘拉张伸展构造演化体制。这些盆地基底下部构造层(前古生代地层)具有多期韧性变形变质,构造—岩

相样式与早古生代地层有明显不同,它们对于柞—山—商泥盆纪拉分盆地形成演化具有十分重要的构造动力学控制作用,这种构造不稳定的基底下构造层中,顺层导通和切层构造发育,为造山带和沉积盆地中流体大规模垂向运移提供了网络状构造通道。

早古生代地层为该盆地基底上部构造层。本区柞水北部丹凤岩群变质基性火山岩挟持于商丹构造带中,呈构造岩片和带状分布在老林乡—北河街^[48],揭示该盆地北部在加里东期,早期火山岛弧带进一步发展成深成岩浆弧带。其北秦岭岩浆侵入演化的第三阶段(415~400 Ma),北秦岭中段I型花岗岩形成于碰撞晚期阶段^[49],说明北秦岭加里东期演化为深成岩浆弧造山作用有完整演化系列,北秦岭碰撞造山晚期一直持续到早泥盆世(416.0±2.8)~(397.5±2.7) Ma 初期结束。

早古生代(500~400 Ma)分别在北秦岭和南秦岭发育两条构造—岩浆杂岩带,揭示了两类不同性质的大陆边缘存在,构成时空有序的构造—岩浆杂岩带^[50],说明柞—山—商泥盆纪盆地基底上部构造层物质组成及构造演化特征,明显不同于前古生代,该盆地构造—古地理位置可能属于洋壳俯冲消减对接部位。在秦岭古洋壳俯冲消减作用下,北秦岭与华北板块南缘形成了弧—陆碰撞造山带^[51],造成了华北板块内部发生大面积区域隆升形成的造山区。而在该沉积盆地南侧为小磨岭—陡岭元古代基底隆起带(前陆隆起带),在中奥陶世—早泥盆世未接受沉积,大规模垂向抬升可能最晚形成于早志留世,到泥盆纪中期一直为两侧相邻沉积盆地的蚀源岩区,在泥盆纪则表现为一个消失的古陆^[7]。加里东期岛弧—大陆碰撞和深成岩浆弧,为造山带中流体大规模垂向运移提供了构造—岩浆耦合体制下的双重垂向驱动力。在大陆侧向挤压收缩—深成岩浆弧上涌耦合体制下,驱动流体大规模聚集在上部地壳中。研究区位于造山带—沉积盆地—岛弧带和地幔热物质垂向上涌的多重大陆动力学因素耦合与转换过程,这种大陆动力学格局与岛弧—大陆俯冲碰撞后,转化为陆—陆碰撞过程和深部地质作用多重耦合与转换有密切关系。在志留纪—早泥盆世期间,商丹—桐柏带已发展为古秦岭洋壳的俯冲消减带,导致弧后盆地沿白家店—纸房—高耀—子母沟—线闭合,形成以基底岛弧杂岩、蛇绿混杂岩和深成侵入岩为组合的造山带根部带,北秦岭造山带增生于华北地块南缘之上^[51]。北秦岭在加里东岛弧造山作用下,因隆升造山而缺失志留纪沉

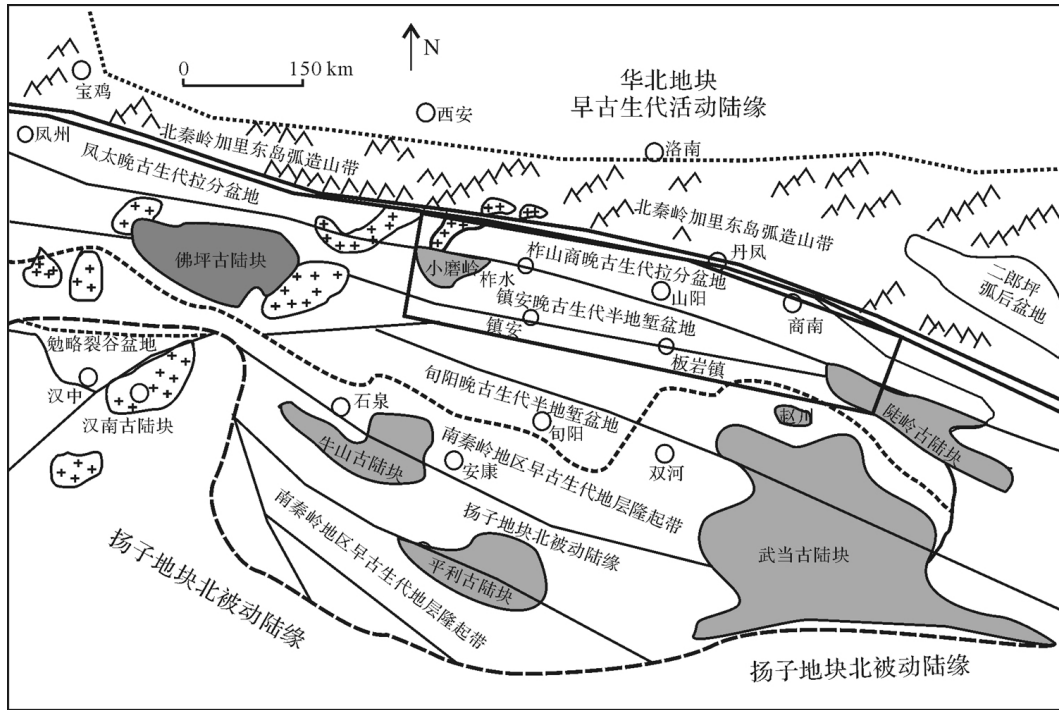


图 1 柞水—山阳—商县晚古生代沉积盆地—造山带—岛屿构造耦合与转换示意图

Fig. 1 Coupling and transition of framework of sedimentary basin-orogenic belt-islands in the Late Paleozoic age, Zhasui-Shanyang-Shangxian areas

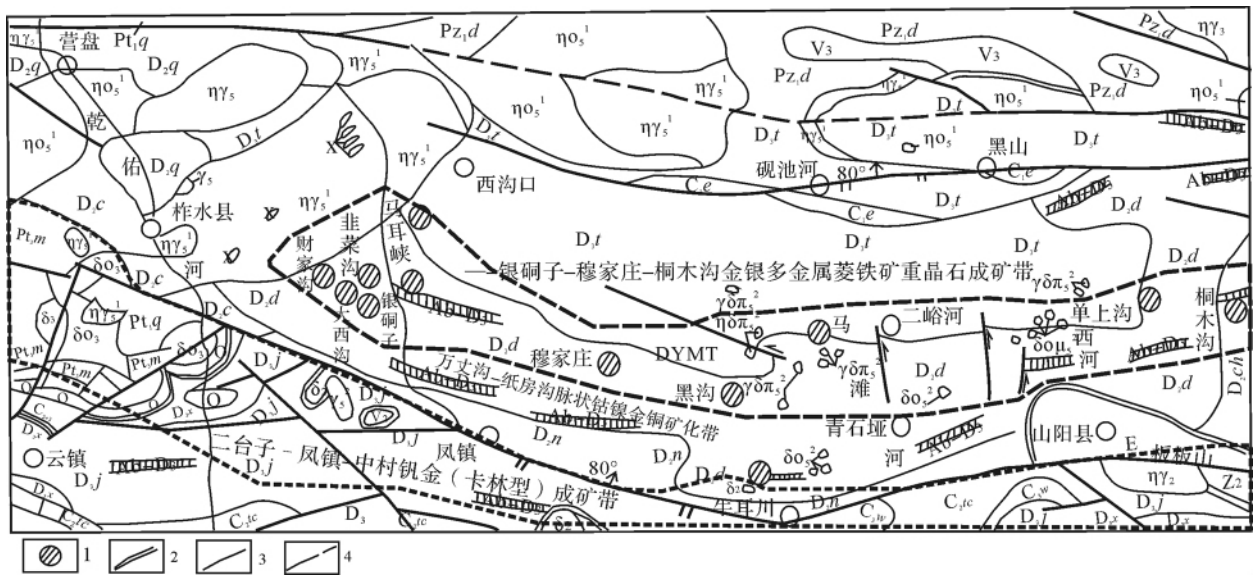


图 2 柞水—山阳区域矿产地质简图 (据王相等 (1996) 修改)

1. 矿床位置; 2. 角度不整合; 3. 实测和推测地质界限; 4. 断层及深大断裂。Q-第四系; E-第三系; C_{3w}-武王沟组; C_{2tc}-铁厂铺组; C_{1j}-界河街组; C_{1e}-二峪河组; D_{3j}-九里坪组; D_{3x}-星红铺组; D_{3t}-桐峪寺组; D_{2d}-大西沟组(青石垭组); D_{2q}-青石垭组; D_{2ch}-池沟组; D_{2n}-牛耳川组; e-寒武系; O-奥陶系; Pz_{1d}-丹凤岩群; Z₂-上震旦系; Pt_{3m}-上元古界马家山组; Pt_{1q}³-下元古界秦岭群; γδπ₅₂-燕山期花岗闪长斑岩; ηδπ₅₂-燕山期石英二长斑岩; δ_{0μ52}-燕山期石英闪长玢岩; ηγ₅₁-印支期二长花岗岩; γδ₅₁-印支期花岗闪长岩; ηδ₅₁-印支期石英二长岩; γ₂₂-晋宁期混合花岗岩; δ₂-晋宁期闪长岩; δ₀₂-晋宁期石英闪长岩; V-晋宁期基性岩; χ-煌斑岩; Ab-D₃-晚泥盆世石英铁白云石钠质角砾岩带。

Fig. 2 Sketch map of regional geology and minerals in Zhasui-Shanyang area (modified by Wang Xiang , et al. ,1996)

积。研究区缺失志留纪—早泥盆世沉积,可能发生了陆块垂向构造隆升作用,推测与北秦岭发生的岛弧造山作用有密切关系。南秦岭在早古生代属扬子地块被动陆缘沉积体系,早—中志留世秦岭海域北缘没有超过镇安以北,而被山阳—凤镇断裂限定。

总体上,研究区早古生代地层在局部具有带状强烈韧性剪切变形,与加里东期北秦岭造山有密切关系。而在韧性剪切带之外,主体为面状脆性—脆韧性变形特征,而且构造变形较强地段与印支期和燕山期叠加构造变形有密切关系。在泥盆纪初期,扬子地块已经与华北地块发生了点碰撞,使洋盆萎缩变为残余深渊古地理。构造—岩相学特征表明在志留纪—早泥盆世具有构造垂向抬升作用明显。总之,在泥盆纪初期,研究区处于岛弧—大陆俯冲碰撞向大陆—大陆碰撞转换和耦合过程,早古生代地层中面状和带状构造变形带可以为造山带流体大规模运移提供构造通道。

1.2 岛弧带—沉积盆地—岛屿构造转换与耦合的构造古地理格局恢复重建

志留纪—早泥盆世,北秦岭加里东期岛弧造山作用导致了东秦岭二郎坪弧后盆地萎缩封闭^[10],北秦岭南缘商丹构造带内黑河等地区发育弧前盆地及弧前沉积体系^[9,11],萎缩的二郎坪弧后盆地、黑河和黑山弧前盆地发育,揭示在北秦岭深部依然发生近南北向的缓慢俯冲消减,持续了奥陶纪至早泥盆世弧—陆碰撞形成的大陆侧向挤压收缩体制。

由于佛坪—小磨岭—陡岭元古代基底隆起断块逼近华北地块南缘活动大陆边缘,二者之间刚性的凸出部位点式碰撞反向应力消减了碰撞进度,岩石圈在深部俯冲消减数度变慢。扬子地块具有顺时针旋转,华北地块具有逆时针旋转,二者之间产生了巨大的斜冲走滑作用。同期,因深部地幔物质上涌导致勉略有有限洋盆打开,从而将扬子地块北缘岩石圈深部俯冲形成的巨大挤压应力转换为地幔热物质垂向上涌,造成了秦岭微板块从扬子地块北缘分离开始独立演化,形成了“北压南扩”的构造动力学格局^[1,2,4,5]。南秦岭和中秦岭在地幔柱垂向上涌作用下,形成了秦岭式第三类伸展构造^[13],佛坪—小磨岭—陡岭近东西向垂向基底起隆,构成了泥盆纪陆表海域内一系列岛屿构造。泥盆纪构造—古地理格局为岛弧造山带—沉积盆地—岛屿构造(垂向基底隆起带)转换与耦合,从南向北(图1)依次为扬子地块北缘被动陆缘(剥蚀区)→勉略裂谷盆地→旬阳—留坝晚古生代隆起带→旬阳—镇安半地堑式盆地→佛坪—小磨岭—陡岭

垂向基底隆起岛屿带→柞山商丹分盆地→商丹带中黑河—黑山弧前盆地→北秦岭岛弧造山带→二郎坪泥盆纪残余弧后盆地→华北地块南缘活动陆缘。

2 盆地发育期与主成盆期拉分断陷沉积体系与构造岩相学

在区域上,南秦岭下泥盆统西岔河组由砾岩、砂砾岩、含砾砂岩及含砾泥灰岩等组成,为河流—滨岸砂砾岩相,主要在武当垂向基底隆起西侧分布。而柞水—山阳地区缺失上奥陶统—下泥盆统,暗示本区处于隆起状态,可能与北秦岭加里东期岛弧造山带形成高耸山地的构造抬升有密切关系。

北秦岭为高耸山地,中秦岭(本区)抬升在海域水面之上,南秦岭开始接受下泥盆统西岔河组含砾粗碎屑岩,含砾粗碎屑岩超覆在中志留统一寒武系之上。勉略地区高川一带接受下泥盆统踏坡组,底部为一套含砾粗碎屑岩,主要砾石成分有花岗岩、变基性—超基性火山岩、酸性火山岩、玄武岩、灰岩、砂岩和硅质岩等复成分角砾,向上砾石磨圆度变好且砾径变小,具有同生断裂引起构造断陷作用下,形成的近源快速堆积特征。在南秦岭强烈的构造断陷作用下,现今开始了造山带(区)向沉积盆地的强烈转换。现在不同地区,地表出露的含砾粗碎屑岩相主要分布在沉积盆地边缘与垂向基底隆起之间部位,分布区域明显受同生断裂带控制。这些相体延伸方向与同生断裂带(垂向基底隆起边部)延伸方向一致,单个含砾粗碎屑岩相体呈扇形体,舌状指向盆地中心,源区指向垂向基底隆起内部(剥蚀源区)。这种构造—岩相学特征揭示了受同生断裂带控制的半地堑式断陷沉积。

泥盆纪造山带—沉积盆地耦合与转换格局(图1),从北到南为华北地块南活动大陆边缘(北秦岭加里东岛弧造山带)→中秦岭区经抬升的残余洋盆(晚志留世—早泥盆世间处于构造断块隆升转换为构造断陷沉降带—沉积盆地发育期)→南秦岭早古生代地层隆起带→勉略裂谷盆地发育期→汉南—牛山—平利古陆块群的耦合与转换过程(扬子地块北被动大陆边缘)。

2.1 中泥盆世牛耳川期含砾粗碎屑岩相与浊流沉积体系

在柞山沉积盆地内,中泥盆统牛耳川组和池河组分布明显受南侧凤镇—山阳同生断层控制。在南北方向上,从南侧小磨岭—陡岭古陆隆起到本区,构

造一沉积岩岩相学具有“南浅北深、南高北陷”的古地理特征。(1) 在山阳—凤镇断裂带曾存在一个已经消失的古陆^[7], 目前仍未发现早泥盆世沉积, 说明当时它仍处于高耸隆起的水上古陆状态。山阳—凤镇断裂带南侧黑沟基性—超基性岩(辉长岩—苦橄岩)和碱性二长花岗岩复式岩体, 可见中泥盆统不整合超覆, 这些岩体顶部可见约10 cm古风化壳, 这种残积相说明, 水上古陆经剥蚀后形成了古风化和残余沉积作用明显。中泥盆统杂砾岩厚度5~10 m, 砾石成分复杂, 主要为花岗岩、基性—超基性岩和碳酸盐岩。底部以岩浆岩砾石为主, 向上碳酸盐岩砾石成分增加, 砾石呈棱角—次棱角状, 砾径2~15 cm不等。底砾岩成熟度极低, 向上过渡为复成分砂砾岩。这种垂向岩相学结构说明底部砾石多为原地(小磨岭—陡岭垂向基底隆起带)抗风化分解能力较强的岩浆岩类, 碳酸盐岩角砾和复成分砂砾岩出现揭示了构造垂向抬升或构造断陷程度加快, 这种特征揭示了构造断块隆升—断陷成盆过程存在。(2) 在该盆地内车房沟一带, 牛耳川组是由紫色铁白云石中粒长石砂岩和长石石英砂岩, 演进为黑色薄层状变质粉砂岩和粉砂质绢云板岩组成, 具有陆棚相特征, 与盆地发育期含砾碎屑岩相可以对比, 差别是具有铁白云石, 未见残余沉积相, 沉积水体明显比南侧较深且迅速演进为深水—半深水沉积环境。

从盆地外西部到盆地内东部, 纵向上构造—岩相学对比看。(1) 在该盆地之外西部宁陕县南冷水沟—四沿沟, 牛耳川组超覆在寒武—奥陶系白云岩之上, 底部砾岩—砂砾岩层厚度在20 m, 向上变为砂质灰岩、紫灰色粉砂岩和细砂岩, 显示了向上沉积水体加深过程, 进一步接受灰岩—中厚层灰质白云岩沉积。底部砾岩中砾石为中等磨圆的白云岩, 显示近源但经历了一定搬运距离的沉积作用。(2) 在该盆地西侧边缘地带石瓮子(小磨岭垂向基底隆起带)—柞水下梁子, 中泥盆统底部发育近源快速粗碎屑沉积, 向东到大西沟以西, 迅速相变为长石石英砂岩, 并发育为半深水—深水沉积环境中形成的浊积岩系, 显示了快速垂向加积过程, 这种构造—岩相学的相体结构特征揭示在柞水大西沟一带有北东向同生断裂存在。同生断裂带西侧石瓮子(小磨岭垂向基底隆起)是在经过抬升剥蚀的盆地基底上部构造层基础上, 浅水粗碎屑岩相发育; 向东侧大西沟从粗碎屑岩相迅速演化为深水—半深水沉积环境, 形成了浊积岩相, 揭示该地段处于古地理具有显著的构造断陷作用形成了构造

断陷洼地。(3) 在该盆地中部柞水车房沟—山阳桐木沟等地, 牛耳川组顶部与池沟组底部, 块状粉砂岩中同生滑塌沉积相发育, 这种厚度在5~10 m的同生滑塌相说明在沉积物尚未固结时, 推测由于同生断裂活动引起了滑塌作用而形成了扰动再沉积。(4) 在该盆地东部商南县太吉河, 牛耳川组与下伏寒武—奥陶系深灰色碎裂状细粒白云岩呈假整合接触, 下段为细粒石英砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩和少量白云岩, 上段以含砾白云岩、含砂灰岩、泥灰岩夹少量长石石英砂岩和粉砂质板岩, 显示沉积水体逐渐加深过程, 但沉积水体总体较浅。

从盆地外西部到盆地内东部, 纵向上牛耳川组具有典型被动陆缘沉积体系特征, 但地层厚度变化显著, 含矿岩相和准同生热变质相具有明显差异。(1) 在研究区西侧宁陕东沟—周至板房子, 牛耳川组厚度2 570 m, 牛耳川组下部为含碳绢云母绿泥石千枚岩夹绿泥石板岩, 上部为钠长石绢云母绿泥石板岩, 二者之间是似层状黄铁矿(磁铁矿)矿床的产出层位, 形成于浅海斜坡相局部洼地中。近矿围岩中发育钠长石—绢云母—硅化—绿泥石化相。顶部为薄层状砂质结晶灰岩夹钙屑绢云母绿泥石板岩。(2) 在该盆地西部车房沟, 牛耳川组厚度为1 337.42 m^[17], 主要为长石杂砂岩类, 其成分及结构成熟度均较差, 长英质碎屑物磨圆度差, 黏土质杂基支撑, 杂基(20%~25%)未见有任何交错层理, 在成分和结构上显示正粒序层理, 属于高密度的浊流沉积。(3) 在该盆地中部山阳牛耳川, 牛耳川组底部为灰色蚀变泥质灰岩, 向上变为灰色白云质灰岩、钙质绢云母板岩、砂质板岩、长石砂岩夹粉砂质板岩、灰色厚层状砂岩与绢云母板岩和砂质板岩互层。受断层破坏地层出露不全。发育6.9 m厚的黑云母堇青石角岩。(4) 在该盆地中部山阳中村大北沟, 产出有菱铁矿(褐铁矿)层, 主要为钙质岩层。(5) 在该盆地东部商南县太吉河, 牛耳川组厚度为1 757 m, 下段为灰色细砂岩、粉砂岩、板岩夹少量白云质灰岩, 向上白云岩增加, 并与细粒石英砂岩互层; 上段灰白色含砾白云岩、含砂灰岩、泥灰岩夹少量长石石英砂岩、粉砂质板岩, 具有典型被动陆缘的浅水沉积体系特征。

可以看出, 在中泥盆世牛耳川期, 从盆地南侧到盆地内部, 从该盆地之外西侧到盆地内部, 从西到东, 构造—岩相学具有较大差异, 盆地南侧古陆开始接受含砾粗碎屑岩相沉积, 盆地西侧外围属于河流相—滨岸相, 商南一带具有滨—浅海相。在该盆地内车房

沟—牛耳川一带近东西向,从浅水沉积迅速演化为深水—半深水浊流沉积体系,这种高密度的重力流沉积一般形成于深水陆棚斜坡环境,但在横向和纵向上,同期异相的残积相、含砾粗碎屑岩相和浊流相体共生分异特征揭示在近东西向和北东向上,牛耳川组是受同生断裂带控制的断陷沉积相体组合,在现今地表牛耳川组主体分布与山阳—凤镇岩石圈断裂带北侧附近,呈近东西向延展,从底部、下段到上段(从南到北)沉积水体从浅水沉积迅速演化为深水—半深水沉积,牛耳川组在空间分布上和构造—沉积相变和相演进规律,说明其南侧山阳—凤镇岩石圈断裂带在中泥盆世为控制该盆地形成的边界同生断裂带。

2.2 中泥盆世池沟期浊流沉积体系与热水准同生蚀变体系

在该沉积盆内从西到东,(1)车房沟以西沙沟街,池沟组厚度1350 m,底部为中薄层夹厚层石英砂岩,向上变为细砂岩、粉砂岩夹绢云母绿泥石板岩,以碎屑岩和黏土岩为主,缺少碳酸盐岩。(2)车房沟池沟组厚度1673.73 m,出露不全;以变细粒砂岩为主,砂岩与泥岩互层,具变余平行层理和变余水平层理,向上砂质减少,泥质增多。下部为长石石英杂砂岩、长石石英细砂岩、铁白云石钙屑细砂岩和方柱石绢云母板岩等,属以砂为主、砂泥互层的复理石沉积,具有低密度浊流沉积特征。发育热水同生交代蚀变相铁白云石—方柱石亚相。上部为浅灰色含粉砂铁白云石结晶灰岩、灰色铁白云石粉砂质绢云母板岩和深灰色方柱石绿泥绢云母板岩,结晶灰岩中含有海百合茎。灰质含量增加,砂质含量逐渐消失,铁白云石含量增加,并逐渐出现方柱石。与车房沟以西沙沟街相比,主要区别是形成了碳酸盐岩和铁白云石结晶灰岩,热水同生交代蚀变相发育,主要为黑云母—方柱石—铁白云石化亚相。(3)在山阳牛家沟—牛耳川大水晶沟,池沟组厚度在2064.70 m^[17],下段为泥沙质复理石沉积,底部为石英砂岩、粉砂岩和绢云母板岩,向上砂质粒径变细,形成薄层状石英粉砂岩和绢云母板岩互层。上段下部以薄层状石英粉砂岩和绢云母板岩互层为主,向上出现中薄层泥灰岩和砂质灰岩薄层,灰质含量逐渐增加,砂质成分减少,泥质含量增加。中部薄层状泥灰岩厚度不断增加,并出现灰色方柱石化结晶灰岩厚达30.7 m,灰色方柱石角岩层厚度达23.3 m,上覆和下伏岩性层未见方柱石化—方柱石角岩,说明方柱石化角岩相具有热水准同生交代—热变质特征或为后期盆地层间流体叠加层。上

段上部以钙泥质板岩和砂质灰岩为主,方柱石砂质灰岩层增多到3~5层,单层厚2.8~20 m,主体为泥质、灰质和砂质互层的复理石沉积,上段下部发育热水准同生交代—变质角岩相(方柱石化角岩相),上部发育热水准同生交代岩相方柱石化亚相。(4)在牛耳川以东山阳县桐木沟锌矿及外围,池沟组以砂岩开始,向上逐渐过渡为薄层状砂质灰岩、灰质岩石和大理岩,厚度在1875~2447.7 m^[17]。池沟组变余泥岩和泥灰岩互层中,残余纹层状和薄层状简单韵律发育,同生滑塌褶曲变形发育,指示了形成与深水—半深水环境,属陆棚深水洼地。(5)山阳县东南一带,池沟组下段主要为碎屑岩夹黏土岩,厚3120.5 m^[17],中下部为灰色中厚—中薄层变长石石英砂岩、变细砂岩、黑云石英岩夹粉砂质板岩;上部为二云斜长石英变粒岩、片理化变砂岩夹少量石英片岩,在斜长石英变粒岩中大中型的斜层理发育,上段为灰绿色条带状黑云斜长变粒岩、绿帘斜长变粒岩及绿帘斜长石英变粒岩夹变长石石英砂岩、粉砂质板岩,岩性稳定,沉积韵律清楚,厚2726.5 m。池沟组下段属浅海陆棚斜坡相环境,上段具等深积岩的特征^[52],在本地段是研究区池沟组厚度最大,合计5847 m^[17],属于构造断陷作用最强烈部位之一,是构造断陷沉降中心和沉积中心。(6)在该盆地东部丹凤县竹林关和商南县青山镇,池沟组厚度分别为862.1 m和2538.2 m^[17],砂质增高,灰质减少,主要特征是形成了变质凝灰岩和变酸性凝灰岩层,可能是该盆地在洋盆关闭演化形成残余洋盆后,逐渐衰减的残余火山活动依然在局部活动,形成了火山灰流沉积;同期,这种火山灰流进入陆表海盆中加热了海水,形成了层间大理岩层和角岩层,东部各类角岩发育齐全,沿同期层位形成了明显的同期异相结构相体,也较为合理解释了该盆地西部和中部发育的层间热水同生交代蚀变相和热水同生交代蚀变—热变质角岩相。

从东向西,池沟期的构造岩相学具有明显的同期异相结构,沿走向和侧向相体变化规律为:东部商南县青山镇(厚度最大为2538.2 m)中酸性火山凝灰岩相+角岩相+硅质大理岩相+细砂—粉砂岩→丹凤县竹林关(厚度862.1 m)酸性火山凝灰岩相+角岩相+硅质大理岩相→山阳县东南一带(厚度达5847 m)碎屑岩+变火山岩相→山阳县桐木沟(厚度1875~2447.7 m,未见火山岩夹层)砂岩+砂质灰岩+方柱石角岩+方柱石钠长石岩相+大理岩→山阳县牛家沟—牛耳川大水晶沟(厚度2064.70 m)

砂泥灰质复理石相 + 热水准同生交代—变质角岩相 + 方柱石化角岩相 → 柞水县车房沟(厚度 1 673.73 m) 砂—砂泥质复理石相 + 砂泥质铁白云石灰岩相 + 热水同生交代蚀变相铁白云石—方柱石亚相 → 柞水县沙沟街(厚度 1 350 m) 碎屑岩相 + 粘土岩相(缺少碳酸盐岩相)。以山阳县东南一带为界,东西两侧发生明显的构造—岩相学相体结构分异,揭示池沟期,在沉积盆地内部北东向同生断裂开始活跃,这些北东向同生断裂活动造成了柞水—山阳沉积盆地内部发生构造—岩相学分异,同生构造断陷形成了沉降中心和沉积中心,并提供了热水喷流通道,为一级盆地内二级盆地和三级构造盆地形成提供了同生构造背景。池沟组这种同期异相结构和变化规律,说明在商南县—丹凤县—山阳县东南为萎缩火山喷发中心,以砂质沉积为主体,沉积水体较浅,但构造断陷形成的沉降程度和深度较大,也是快速沉积补偿中心之一。向西山阳县桐木沟—柞水县车房沟火山岩夹层少见,以热水同生交代蚀变岩相和热变质角岩相为主。柞水县沙沟街池沟组沉积厚度最小,暗示属于古水下隆起位置,不利于热水沉积—交代岩相形成,也未见碳酸盐岩出现。二级盆地开始发育同期,不但有强烈的次级北东向同生断裂活动,而且该沉积盆地东部,由于强烈的构造断陷切割导通了残余洋盆深部而引起了火山喷发作用。池沟组是下梁子类卡林型金矿赋矿层位。

可以看出,在盆地发育期,(1)从南到北,牛耳川期残积相(古风化壳)、含砾粗碎屑岩相、不整合面和盆地基底构造层岩石等指示了该盆地南侧,在早泥盆世—中泥盆世初期曾发育遭受剥蚀的古陆,盆地内由浅水碎屑岩相迅速相变为深水—半深水浊积岩相,揭示了本盆地内曾经是古洼地和古陆相邻。(2)从西到东,该盆地西侧为小磨岭古陆,可能构成了对于该沉积盆地分隔和封闭,柞水—宁陕属于浅水沉积环境,接受含砾粗碎屑岩相到浅水碎屑岩相沉积,缺少碳酸盐岩相;向东侧车房沟从浅水碎屑岩相迅速演化为深水—半深水浊积岩相,揭示这两个地段之间有同生断裂带发生构造断陷作用存在。无论是古陆抬升还是构造断陷的古地理格局,都可以说明本区具有拉分断陷特征。(3)丹凤县竹林关(厚度 862.1 m)可能是古水下隆起位置,其两侧发育同生断裂带和残余火山喷发作用,在该盆地东部具有衰减的残余火山凝灰质喷发,这些火山凝灰质进入陆表海域盆地沉积之后,不但形成了凝灰岩夹层,而且加热海水形成了层

间热水准同生交代岩相和热变质角岩相,这种沉积盆地内部热水作用属于盆地流体作用,除盆地外陆源、盆地底源(热水喷溢等)和盆地内源(碳酸盐岩沉积)之外,也是第四类盆地内成岩成矿的物源类型,即强烈的盆地流体相互发生水岩反应后,形成的一种盆地流体作用形成的岩石类型,并改变了初始沉积的岩石,形成了一种构造岩相学类型(同构造期盆地流体交代相)。

牛耳川组和池沟组发育同生滑塌相和同生断裂、构造岩相同期异相结构和相体、浊积岩相、浅水沉积迅速演变为深水—半深水浊积岩相、变火山岩相和热水同生交代岩相等,指示了沉积盆地发育期属于构造断陷作用并有残余火山喷发作用,火山凝灰质进入盆地后,加热了海水并形成了层间热卤水发生热水顺层同生交代和热变质角岩相;等深积岩出现说明断陷深度较大。

2.3 主成盆期构造断陷沉积体系与热水沉积体系

柞水—山阳沉积盆地主成盆期始于中泥盆世青石垭期初(大西沟组和青石垭组为同组异名),从西到东(图 3 4), (1)宁陕县沙沟街,青石垭组砂质增加,泥质较少,未见灰岩和菱铁矿—磁铁矿层,厚度仅为 800~1 500 m。大西沟以西厚度约 1 000 m,砂质含量较高且灰质含量较少;(2)在大西沟一带大西沟组厚度为 2 105 m,下段为黏土岩夹少量碳酸盐岩和细砂岩,上段为黏土岩夹多层碳酸盐岩和菱铁矿岩层、重晶石岩层和硫化物岩层,这是大西沟银多金属—重晶石—菱铁矿矿床的主要含矿岩相。大西沟同生断裂部位发育与相邻层位方向上,急剧相变为菱铁矿铁白云岩,向西砂质含量逐渐增高,向东进入三级构造热水沉积成矿盆地之中,相变为含矿热水沉积岩相(图 3 4)。菱铁矿层主体产于泥质岩一侧,银多金属矿主体产于泥质岩相碳酸盐岩增多和过渡部位。

在大西沟重晶石菱铁矿矿区与银铜子银多金属矿区之间,车房沟两侧发育同生断裂活动形成的同生滑塌沉积,软同生变形层为薄层状菱铁矿层,非变形层为条带条纹状重晶石岩,在菱铁矿同生变形层中,薄层状菱铁矿呈常“V”、“S”和“Z”字形态的层间同生流变褶皱群落,这些同生褶皱群落的褶皱轴面与本区后期主构造变形期形成的褶皱轴面不协调,显示具不同期次和构造动力学特征。(3)在该盆地中部山阳县黑沟—小河口(图 3 4),青石垭组厚度在 2 466.3 m,下段底部以变粉砂岩夹粉砂质板岩为主,偶夹结晶灰岩,形成以粉砂岩为主的浊积岩相,黑灰

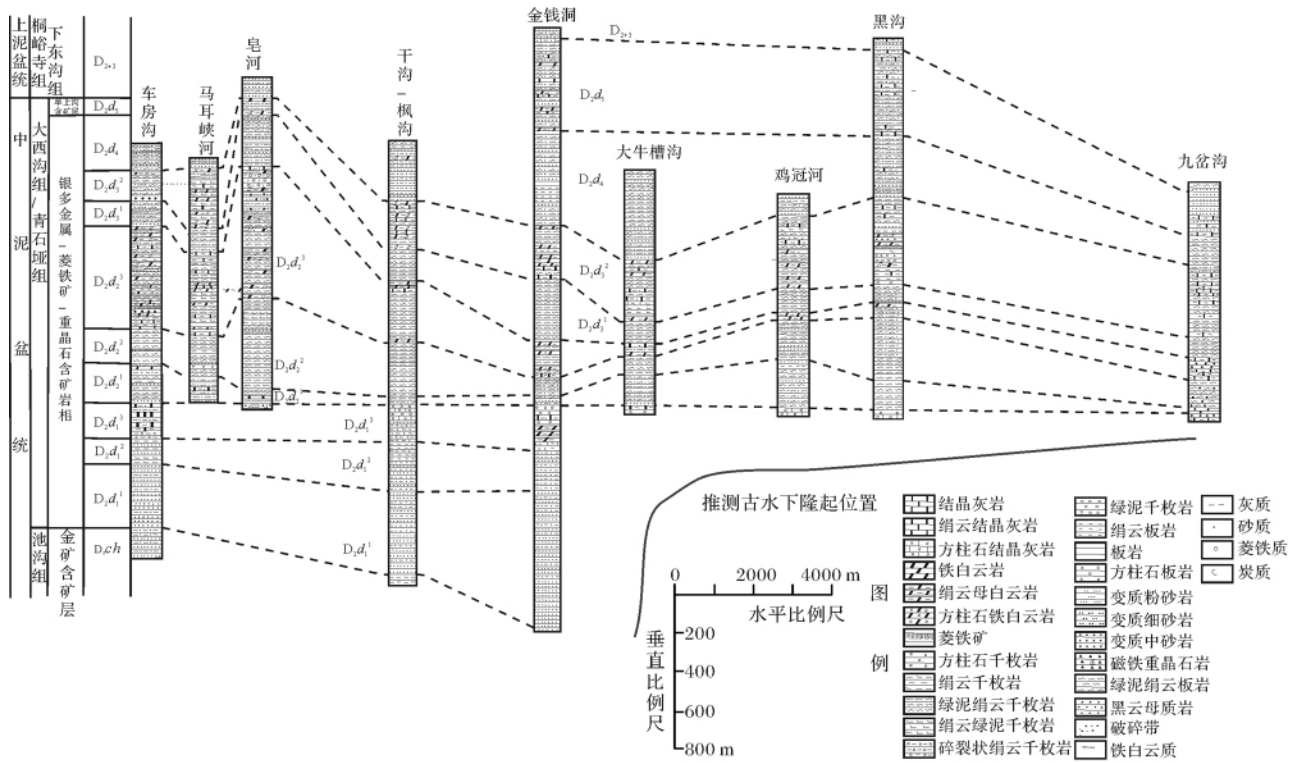


图 3 柞水—山阳中泥盆统地层柱状对比图(据文献[30]补充和修改)
 Fig.3 Correlation columnar section of the Middle Devonian in Zhashi-Shanyang area

色—黑色角岩—角岩化相(方柱石化角岩)层达 5~6 层,向上灰质减少,方柱石化减弱。中部以粉砂质板岩与泥质板岩互层,夹变粉砂岩,形成以黏土岩为主,与粉砂质板岩组成的复理石韵律。上部为泥质板岩夹粉砂质板岩和变粉砂岩,形成以黏土岩为主与粉砂质岩石构成的复理石韵律。上段为以泥质板岩、粉砂质板岩为主,夹层为泥灰岩和泥质灰和菱铁矿岩,为黑沟菱铁矿—多金属矿含矿岩相,菱铁矿岩层有 4~5 层,厚度在 1.2~45 m,透镜状菱铁矿岩发育。热水沉积岩相主要为厚层块状菱铁矿岩相、硫化物岩相、条带状菱铁矿岩和铁绿泥石岩相,厚层块状菱铁矿岩相为菱铁矿岩层主体组成,条带状菱铁矿岩—铁绿泥石岩相为菱铁矿岩相的垂向相序和侧向相变体,组成了菱铁矿岩层的上下盘围岩(绿灰色含菱铁矿板岩与铁绿泥石板岩互层),菱铁矿岩相侧向尖灭处相变为铁白云岩相→铁白云石泥质灰岩。(4) 向东到山阳县二峪河口(图 3 和 4),青石垭组厚度减小为 1 990 m,推测在二峪河口存在北东向同生断裂(图 4)。园子街瓦子沟一带青石垭组厚度为 1 726.6 m,下段为粉砂岩,下段为砂质板岩夹砂岩条带,缺少碳酸盐岩。(5) 在单上沟一带青石垭组厚度仅有 420~

548 m,以粉砂质板岩为主,夹砂岩和少量薄层灰岩,方柱石板岩和黑云母角岩呈夹层,局部上段为灰岩为主夹粉砂质板岩,该地段青石垭组厚度较薄,东西两侧可能发育同生断裂,并构成对于三级热水沉积盆地之间的古水下隆起分隔。(6) 山阳县桐木沟一带(图 4),青石垭组厚度 1 746 m,主体为含钙绢云母板岩、斑点状板岩、角砾状云母板岩、绢云母绿泥石千枚岩夹大理岩,碳酸盐岩层明显增多。底部为黑云母方柱石角岩、角岩化粉砂岩、钙质黑云母角岩,青石垭组下部为桐木沟锌多金属矿含矿层位。与大西沟菱铁矿—银多金属—重晶石矿相比(大西沟组或青石垭组上段),含矿层位明显偏下(青石垭组下段)。(7) 商南县青石垭组厚度 1 427.8 m,为二云母石英片岩、石榴二云石英片岩夹角闪变岩和石墨大理岩。在山阳地区青石垭组中风暴沉积体系发育,由下到上为 A 侵蚀突变底面、B 贝壳滞积层和粒序层段、C 平行纹理层段、D 砂纹交错纹理段和 E 板岩段。青石垭组风暴沉积体系下部为近源风暴沉积作用,形成于浅水陆棚环境,上部以远源风暴沉积作用为主,形成于深水陆棚环境。上泥盆统桐峪寺组中发育重力流沉积体系,重力流自南西向北东流动,指示了该盆

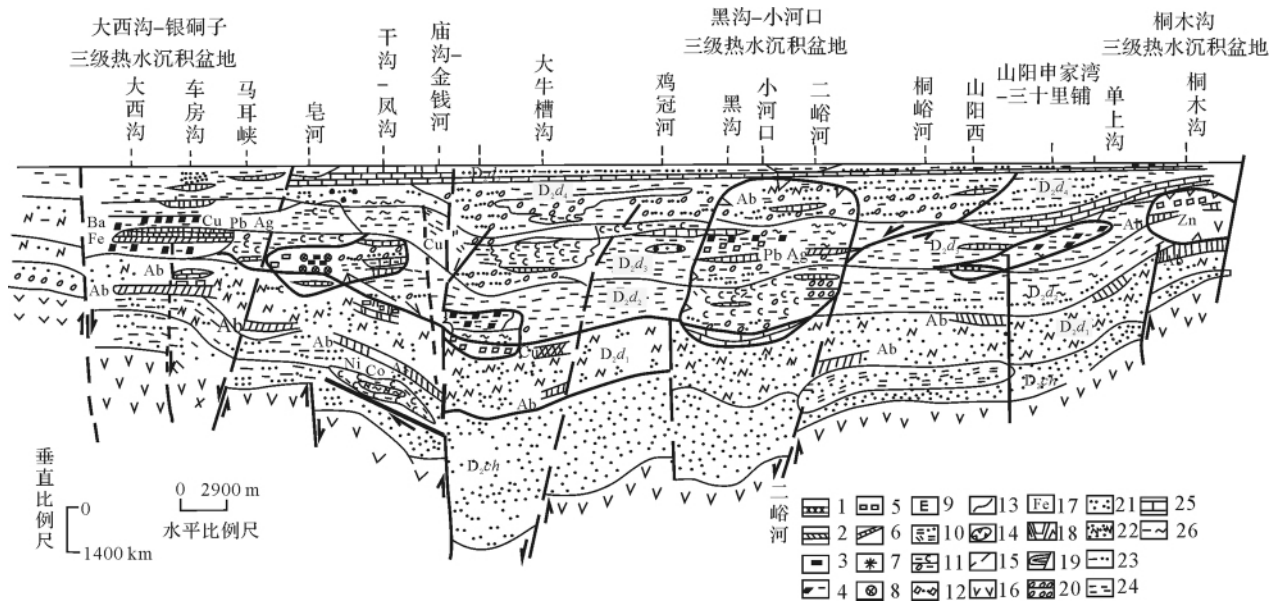


图4 柞水—山阳沉积盆地纵向构造—岩相学剖面图与沉积盆地分级特征

古热水流体场: 1. 菱铁多金属矿层; 2. 银多金属矿层; 3. 重晶石矿层; 4. 菱铁矿绢云母千枚岩; 5. 方柱石化岩(方柱石化相); 6. 钠长石碳酸质角砾岩, Ab-晚泥盆世—石炭纪热流体隐爆角砾岩相; 7. 黝帘石透辉石角砾岩; 8. 斑点板岩化带; 9. 绿帘石化相; 10. 黑云母角岩。盆地相及盆内同生构造: 11. 炭质板岩/千枚岩; 12. 含菱铁质绢云母粉砂质千枚岩; 13. 岩相界限; 14. 三级热水沉积盆地; 15. 推测同生断裂; 16. 沉积盆地基底(变火山岩); 17. 矿化类型, Ba-重晶石, Fe-菱铁矿, Cu-铜矿, Cu-Pb-Ag-铜铅银矿, Pb-Ag-铅银矿, Zn-锌多金属矿; Ni、Co、As、Cu-脉状富镍钴金铜矿; 18. 双断型三级热水沉积盆地; 19. 单断型三级热水沉积盆地; 20. 粗碎屑岩(河流相); 21. 碎屑岩; 22. 含长石碎屑岩; 23. 泥质粉砂岩; 24. 泥质岩; 25. 碳酸盐岩; 26. 绿泥绢云母千枚岩; D_2d -中泥盆统大西沟组(青石垭组); D_2ch -中泥盆统池沟组。

Fig. 4 Section Showing the vertical structure-lithofacies and orders of Zhashui-Shanyang Basin

地南侧古陆为盆地蚀源岩区,中—上泥盆世本区经历了从浅水陆棚相→深水陆棚相→陆坡相→陆隆相→盆地平原相,总体为海进式的沉积序列^[52],揭示了盆地发育期沉积水体加深过程,这种深水陆棚环境为大规模热水沉积成岩成矿作用发生提供了良好沉积环境。

在镇安石瓮子中泥盆统古道岭组超覆在寒武—奥陶系石瓮子组白云岩之上,下段底部为含砾粗碎屑岩相由白云质砾岩和白云质砂砾岩夹钙质粉砂岩组成,向上变为砂屑灰岩夹钙质砂砾岩、白云质砂岩及钙质粉砂岩。白云质砾岩中砾石成分复杂,砾石成分有变粒岩、花岗岩、凝灰岩、闪长岩和片麻岩、寒武—奥陶系石灰岩和白云岩等,主要为来自小磨岭古陆。砾径最大为25 cm,最小1 cm,平均5~6 cm,向上砾径逐渐变细,砂质含量增加。杂基为泥质、粉砂质和岩屑。砂砾岩层厚20~45 m。上段灰绿色—杂色砂砾岩夹少量紫色粉砂质板岩,砾径明显减小,最大为5 cm,最小1 cm,平均2~3 cm;其上被上泥盆统星红铺组杂砾岩超覆。这种构造—岩相学说明在中—晚泥盆世,小磨岭古陆块(垂向基底隆起)周缘曾发生

了断陷沉积或沉积水体面迅速升高。山阳色河花岗岩与泥盆系呈断层接触,上泥盆统主要由砾岩、含砾砂岩、砂岩和泥岩组成,其中砾石包括花岗岩、凝灰岩、辉长岩和碳酸盐岩,砾石呈棱角状和次棱角状,分选较差。虽然泥盆纪由碳酸盐台地到硅质碎屑浊积岩系的层序发展应受到各种因素的控制,但无疑构造作用为主导因素。在被动大陆边缘上由翘倾块断作用,上泥盆统层序显示一种向上变深的趋势,揭示晚泥盆世仍发生了同生断裂的强烈活动。

3 盆地萎缩期构造沉积相系与构造—流体叠加岩相

3.1 晚泥盆世盆地萎缩期构造沉积体系

在柞水以西,区域上缺少上泥盆统东沟组和峒峪寺组^[17],推测因构造抬升作用而未接受沉积。从图1和3看,(1)在研究区内车房沟一带,下东沟组厚度为1656.3 m,主体为绿泥石绢云母千枚岩和绢云母绿泥石千枚岩,夹少量结晶灰岩和绢云母铁白云岩、板岩和灰岩,上部变细砂岩增加;(2)在金钱河一带,下东沟组厚度为在665~1570 m^[17],主体以粉砂岩

和含铁细砂岩为主,夹少量板岩和透镜状灰岩;(3)在山阳小河口一带,下东沟组厚度1382 m,下段为板岩与粉砂岩互层,上段以板岩、钙质板岩和粉砂岩为主,夹灰岩和砂岩;(4)山阳二峪河一带,下东沟组厚度大于718.4 m^[17],下段为粉砂质板岩夹钙泥质粉砂岩和少量泥砂质灰岩,上段为泥质灰岩与钙质板岩,从下到上,细碎屑岩减少,泥质碳酸盐质增加,形成了一个沉积水体增深的海进沉积相序列。与金钱河一带相比,下东沟组厚度明显变薄,碎屑岩减少而泥质碳酸盐质增加;(5)在山阳桐木沟一带,下东沟组厚度仅为438 m,下段为绿泥石绢云母千枚岩、绢云母石英片岩夹大理岩,上段为板岩、粉砂岩夹大理岩,形成石英钠长岩相,说明下东沟期有热水沉积岩相发育;(6)商南—丹凤一带缺少晚泥盆世沉积,沿东西走向上,沉积范围缩小到山阳—柞水一带。盆地沉降和沉积中心迁移到柞水—山阳沉积盆地北部,推测可能因盆地南侧底部深源碱性热流体上涌,形成了盆地南侧区域性抬升和构造掀斜作用,或者是晚泥盆世陆—陆斜向俯冲碰撞作用下,在该盆地北部深部俯冲消减造成了陆壳浅部拖曳下沉作用和小磨岭—陡岭前陆隆起发生构造翘升作用,造成了晚泥盆世沉降中心和沉积中心迁移到该盆地北部,这个趋势在从下东沟期到桐峪寺期持续增强。

晚泥盆世下东沟期以泥质岩为主,夹少量细碎屑岩和碳酸盐岩的沉积,可见水平纹理及砂纹交错层理,水体进一步变深。该组厚度虽然不大,但从下而上岩性逐步变细,具明显沉积韵律,是完整的海进序列。与下伏青石垭组上部碳酸盐岩和铁白云石灰岩相比,构造岩相学在垂向序列上发生了巨大变化,下东沟组下段复理石沉积形成的高频泥质岩和细碎屑岩层,为下伏的青石垭组中热水沉积岩相保持提供了良好盖层条件;同时,也保存了下伏的青石垭组中热水沉积成因的银多金属—菱铁矿—重晶石矿层。到桐峪寺期,晚泥盆世断陷作用趋于减弱,盆地开始萎缩,这导致了上泥盆统层序特征具有由浅水沉积向上水体加深为深水沉积,再由深水沉积逐渐变为浅水沉积,即“向上变深、再由深变浅”的层序特征,伴随上泥盆统沉积范围迅速减小,与前陆盆地沉积层序具有类似特征。

在山阳桐峪河一线,桐峪寺组厚度达3089.8 m,下段为石英砂岩和含钙石英砂岩为主,夹泥质粉砂岩、粉砂质绢云母板岩,中一下部夹少量灰岩。上段含钙长石石英砂岩和石英砂岩为主,夹少量粉砂质绢

云母板岩和泥质粉砂岩,顶部为钙质石英砂岩和砂质灰岩。

在研究区外北部,北秦岭南缘周至黑河厚珍子—王涧河桐峪寺组厚度在2586.16 m,下部砾岩平行不整合超覆在下古生界大理岩之上,下段底部以含砾凝灰质细砂岩和凝灰质砾岩开始,向上变为长石砂岩、石英砂岩、石英杂砂岩。上段石英细砂岩、石英粉砂岩夹绢云母板岩和绢云母绿泥石粉砂质板岩,夹少量安山质晶屑凝灰岩、凝灰质板岩等^[17],显示了桐峪寺组接受了来自活动大陆边缘残余岛弧上,经剥蚀再循环物质形成的含火山物质的粗碎屑岩相,它们属于北秦岭泥盆纪前弧盆地中沉积体系。火山—沉积相序列为火山碎屑岩相(厚层和块状熔结集块岩和粗粒凝灰岩)→浅水碳酸盐岩→陆相熔结凝灰岩→浅水碳酸盐岩→火山泥流/碎屑流沉积和近源浊积岩^[9,11],沉积相序演化结构为深水浊积岩相→扇三角洲含砾粗碎屑岩相。

总体上看,晚泥盆世期间,柞水—山阳沉积盆地内具有在东西向上沉积范围迅速收缩到中北部,在南北向构造—岩相学分异作用明显。桐峪寺组发育颗粒流和浊流沉积,颗粒流沉积由厚层状砾岩、含砾砂岩及砂岩组成,具明显正粒序、反粒序及反—正粒序,砾石成分以白色石英岩为主,其次为灰绿色—紫红色燧石及少量板岩,砾径为1.0~5 cm,分选和磨圆均较好,厚层砾岩为颗粒支撑。浊流沉积由砂岩及粉岩组成,它是在颗粒流流动速度递减的过程中逐渐演变而形成,发育完整的浊积岩序列与鲍玛序列,由下而上分为五段,A段粒序层段为含砾砂岩和砂岩,厚度2.4 cm,B段平行层理段为石英砂岩,厚度1.6 cm,C段波纹交错层理段为粉砂岩,厚度3 cm,D段上平行纹层段为泥质粉砂岩或粉砂岩,厚度2 cm,E段板岩段厚2~30 cm不等,具有明显的被动大陆边缘沉积体系特征^[55]。而在研究区以北,桐峪寺组中上部有火山岩夹层。在晚泥盆世柞水—山阳沉积盆地物质来源明显变为多元化,相邻古陆和造山带可能也在发生明显的构造抬升过程,这种构造—岩相学特征也是研究区具有沉积盆地—造山带—岛弧带耦合与转换的物质记录,构造古地理位置成为“南侧被动、北侧活动”两类大陆边缘之间,这种晚泥盆世—石炭纪残余海盆地形成标志着陆—陆面碰撞开始。

在山阳伍竹园单上沟、胡家台子和葛条沟等地,桐峪寺组为粉砂岩、粉砂质板岩及泥沙质灰岩,属于浅水沉积体系,在浅水热水沉积岩相铁白云石粉砂

岩—铁白云石灰岩中,形成了菱铁矿岩—铁白云石岩等组成的热水沉积岩相,菱铁矿矿体呈似层状和透镜状,叠加有后期菱铁矿脉。

3.2 晚泥盆世深源碱性热流体叠加的构造—岩相学记录

陕西商南县丹江钠长岩—钠长角砾状岩包括块状细晶钠长岩、角砾状钠长岩和钠长角砾岩等,形成时代为 $(364.9 \pm 10.9) \text{ Ma}$ (全岩 Rb—Sr 等时线)^[20],属上泥盆统法门阶(晚泥盆世桐峪期)。

丹江钠长岩带成岩作用为钠质热流体侵入—隐爆—充填交代作用形成的三类不同构造—岩相学类型,这些构造—岩相学相体是受山阳—凤镇岩石圈断裂带控制的区域性钠质热流体叠加作用形成,也是整个秦岭造山带钠质热流体—热事件重要组成部分之一。交代钠长岩既可与侵入钠长岩相伴产出,形成块状细晶钠长岩→角砾状钠长岩→钠长角砾岩→钠化围岩的完整分带;交代钠长岩也可单独产出,形成角砾状钠长岩→钠长角砾岩→钠化围岩,或是角砾状钠长岩→钠化围岩的分带组合。角砾状钠长岩与块状细晶钠长岩和钠化围岩间分界清楚,而角砾状钠长岩与钠长角砾岩间或钠长角砾岩与钠化围岩之间为渐变过渡接触^[20]。

山阳桐木沟矿床主要矿体呈层状、似层状和透镜状,与围岩整合产出,矿体含大量下伏地层岩石的角砾,钠长角砾岩带常为矿体底盘的构造—岩相带。在桐木沟矿区,层状、似层状和透镜状钠长角砾岩、方柱大理岩和方柱黑云角岩组成角砾岩带,钠长角砾岩带总体厚 60 m,在近东西向断层带两侧、青石垭组底部与池沟组顶部之间部位产出。钠长角砾岩中角砾混杂且棱角明显,部分磨圆差的角砾来自下伏地层,胶结物为热液作用形成的铁白云石、铁方解石和钠长石,其次有黑云母和方柱石,少量电气石和黄铁矿。具有热流体隐爆—交代—充填作用特征,丹江钠长岩带特征与形成时间一致,属于晚泥盆世形成的热流体叠加岩相,与热水沉积形成的纹层状石英钠长岩有显著差别。

山阳—凤镇岩石圈断裂北侧,研究区内近东西向纸房沟—万丈沟—大沟钠长石碳酸盐角砾岩—铁白云石钠长石角砾岩带(图2),与围岩接触界线清楚,表现为侵入接触关系。接触带附近围岩往往有震碎现象,形成震碎裂岩相和震碎角砾岩相。钠长石碳酸盐角砾岩与本区金、铜、镍、钴、铅、锌和铁等多种矿产有密切关系,在该碱性热流体角砾岩带中含有氟碳铈

镧矿、重晶石和金红石等矿物的异常富集。在大西沟—银洞子金银多金属—菱铁矿—重晶石矿田东缘,马耳峡一带分布有近南北向钠长岩脉和钠长岩脉带,说明在晚泥盆世也处于热流叠加改造范围内,这些地段是类卡林型金矿化带分布的位置。铁白云石钠长角砾岩—钠长石铁碳酸盐质角砾岩带(图2)在本区赋存于青石垭组底部。在区域上,东起丹凤县、向西经山阳桐木沟,到本区纸房沟—万丈沟—大沟和马耳峡等;研究区之外西侧镇安二台子金矿和凤太晚古生代拉分盆地中太白县双王和凤县青崖沟等地,是秦岭造山带中规模较大独立的构造—岩相学填图单元和相带。

在研究区内,凤镇郑家沟基性—超基性杂岩体外围和顶部,形成了似环状的钠长碳酸角砾岩带,说明这些碱性热流体角砾岩带与地幔源区有深刻的内在联系,同时,这些角砾岩带侵位与晚泥盆世陆—陆斜向碰撞的大陆动力学过程一致,证明本研究区在沉积盆地萎缩封闭进程中,叠加了深源热流体垂向运移和叠加成岩成矿作用。

3.3 石炭纪构造反转与沉积体系和沉积中心

在石炭纪,柞水—山阳地区演化为残余拉分盆地,石炭系沉积范围继续缩小,且沉积中心向北和南侧迁移,在沉积盆地南侧桐木沟和北部接受了有限的石炭纪沉积,同时接受来自北秦岭和南部古陆的沉积物,指示石炭纪应为残余海相盆地特征。石炭纪下部浅水沉积体系快速演进而为深水沉积体系,继而逐渐发展为向上变浅的沉积系列,具有前陆盆地层序特征,说明在晚泥盆世末期—石炭纪,柞水—山阳地区构造反转作用十分显著。在柞山石炭纪期间,海水并未退出,转化为陆壳基础上的残余拉分盆地,沉积缓慢填满,形成了沼泽煤系地层。

在柞水—山阳泥盆—石炭纪拉分断陷盆地东部,缺失上泥盆统和石炭系,推测由于在东部首先发生陆—陆面接触碰撞,导致盆地东部被关闭。北秦岭南缘前弧盆地和二郎坪弧后盆地于石炭纪关闭作用十分明显,均演化为残余盆地,它们关闭过程也是陆—陆面碰撞过程中,盆—山耦合与转换的物质记录。

晚泥盆世深源碱性热流体沿山阳—凤镇岩断裂垂向规模性运移,侵入于泥盆系中,造成了盆地南部和中部被抬升,柞水—山阳泥盆纪沉积盆地形成“南升北降”格局。同时,在凤镇—山阳岩石圈断裂带南侧同生构造断陷作用控制下,镇安盆地北部却发生强烈的断陷成盆,盆地基底呈现“北仰南降”,镇安盆地

具单侧断陷型盆地的箕状形态,从而形成了一个相对独立的构造—沉积体系。

4 柞山—丹商泥盆纪拉分盆地分级与成矿分带

从南到北,本区具有十分明显的区域成矿分带(图2),沿山阳—凤镇岩石圈断裂带南侧,小磨岭—陡岭盆地基底垂向隆起分布有二台子—凤镇—中村钒金(类卡林型)成矿带,寒武系水沟口组黑色碳泥硅质岩系中,分布有夏家店金钒矿、甘沟金钒矿点、中村大型钒矿和千家坪钒银等,可以看出,作为该盆地的蚀源岩区之一,小磨岭—陡岭垂向基底隆起中不但有利于类卡林型金矿形成,而且可以为盆地提供金矿成矿的物质来源。在该盆地南缘与山阳—凤镇岩石圈断裂带之间,万丈沟—纸房沟脉状镍钴金铜成矿带与钠长石铁碳酸盐质角砾岩带密切相关。

该泥盆纪一级拉分断陷盆地中,主要含矿层位为中泥盆统大西沟组(青石垭组)。大西沟—银硃子主要为金银多金属—菱铁矿—重晶石矿床共伴生矿田,银硃子为超大型银多金属矿,银为超大型规模,共生铜矿达大型规模,铅锌矿达到中型规模,菱铁矿和重晶石为共伴生矿种。大西沟中型菱铁矿矿床中,共生重晶石矿,伴生铜和银。大西沟—银硃子多矿种共伴生矿田外围为类卡林型金矿分布区,已经发现了柞水县韭菜沟、下梁子和王家沟三处类卡林型金矿床,而且类卡林型金矿仍然具有巨大找矿前景。该成矿带东部为穆家庄铜矿、黑沟菱铁矿—多金属矿和桐木沟锌多金属矿。柞水大西沟—银硃子—穆家庄—山阳黑沟—桐木沟金银多金属—菱铁矿—重晶石成矿带受近东西向同生断裂带控制(图2),单个矿区内,矿体和矿化带长度方向多呈北东向延伸,显示受次级北东向同生断裂控制。北部袁家沟—下官坊铜金银成矿带主要与燕山期花岗斑岩体(群)有密切关系。

(1) 柞水—山阳—商南一级拉分盆地。泥盆纪,秦岭微板块在总体伸展构造作用不断增强下,地堑断陷沉降和地垒式构造抬升隆起作用等同生断裂构造作用强烈,其中,礼县—凤县—凤镇—山阳同生断裂规模全长达800 km,酒莫梁—江口—镇安—板岩镇同生断层全长在400 km。同生断裂的构造作用对于一级盆地的形成起着主导控制作用,并且构成了对一级伸展盆地边界分割和限定。柞水—山阳—丹凤—商南一级拉分盆地南界边界同生断裂为凤镇—山阳同生断裂带,受同生断裂带北侧次级同生断层单侧阶

梯状构造断陷作用控制,该一级拉分盆地首先在南侧开始发育,一方面作为同生断裂上盘(北盘)断陷使该盆地基底地层快速下降,造成了牛耳川组下部为浅水碎屑岩相很快演变为深水浊积岩相;同时断裂下盘也促使了盆地基底翘升,成为相邻盆地有效的物源区。

(2) 二级盆地格局与特征。在泥盆纪期间,商丹带与凤镇—山阳岩石圈断裂带之间,研究区内发育一系列次级北东向水下隆起和同生断裂带,导致了系列二级和三级构造盆地形成和发育,构成了该沉积盆地内部的次级地堑—地垒式伸展构造格局(图4)。丹凤县竹林关古水下隆起将该一级拉分盆地分隔为丹凤—商南二级盆地和柞水—山阳二级盆地。其差别是丹凤—商南二级盆地在中泥盆世有残余火山喷发活动,接受火山凝灰质沉积,以中泥盆统厚度等厚线以5 400~7 000 m^[17],形成了沉降中心和沉积中心,该沉降中心位于北侧商丹构造带和南侧凤镇—山阳岩石圈断裂之间部位,受次级近东西向同生断裂带控制,次级同生断裂带具有快速构造断陷,构造断陷中心具有快速补充沉积特征,估算该沉降中心沉积充填速率在(443~574) m/Ma,中泥盆统岩石具有较强角岩化、片理化和变质程度,于晚泥盆世发生构造关闭和构造变形。

柞水—山阳二级盆地中,中泥盆世沉降中心和沉积中心位于凤镇—山阳岩石圈断裂北侧紧邻的同生断裂带位置,中泥盆统以等厚线在3 000~5 000 m^[17],形成了该二级盆地沉降中心和沉积中心,具有近东西向次级同生断裂带,单侧快速构造断陷和快速沉积补偿特征,估算该沉降中心的沉积充填速率在(246~410) m/Ma。在山阳—丹凤一带形成了晚泥盆世北东向同生构造断陷中心,上泥盆统等厚线在2 000~3 000 m的构造断陷和沉积中心,估算该沉降中心的沉积充填速率在(77~150) m/Ma。推测丹凤竹林关北东向水下隆起不断抬升于水面之上,并向西(山阳)方向发展。

(3) 柞水—山阳二级盆地内三级构造热水沉积盆地。北东向水下古隆起(拉分断台)和两侧同生断裂带控制了二级拉分盆地与三级构造热水沉积盆地(双断式拉分断陷)。柞山—山阳二级沉积盆地中发育一系列北东向同生断裂,将盆地分割为一系列北东向水下隆起和凹陷的似地堑、地垒式组合特征(图4),其中万丈沟—干沟北北东向同生断裂规模较大,受次级同生断裂的构造作用的控制,将该二级拉分盆

地又分割为六个三级构造热水沉积成矿盆地,即大西沟—银洞子、干沟—穆家庄、金钱河—大牛槽、黑沟—小河口和单上沟—桐木沟六个断陷型三级构造热水沉积成矿盆地。单上沟—桐木沟和干沟—穆家庄为单断型(半地堑式)三级构造热水沉积成矿盆地,其余四个均为双断型(断陷地堑型)三级构造热水沉积成矿盆地。万丈沟—干沟北东向同生断裂上盘,发育万丈沟—穆家庄单断型三级构造热水沉积成矿盆地,以铜—金—镍—钴成矿为主。大西沟—银洞子断陷型三级构造热水沉积成矿盆地现今为矩形,北西西向长6 km,北东向宽约2 km,现今面积为约12 km²,它是受大西沟西及马耳峡两个次级北北东向断裂控制的断陷型三级构造热水沉积成矿盆地。

断陷型三级构造热水沉积成矿盆地(大西沟—银洞子和黑沟—小河口)是金银多金属—菱铁矿—重晶石矿床集中区的区域定位构造。单断型(半地堑式)三级构造热水沉积成矿盆地(单上沟—桐木沟和干沟—穆家庄)及晚泥盆世叠加的碱性热流体角砾岩带控制了铜锌多金属矿和铜镍钴金矿集中区的区域定位构造,受晚泥盆世碱性热流体角砾岩侵位构造和热流体叠加改造控制更为明显,具有显著的后生叠加成岩成矿特征。而赋存于本区沉积盆地泥盆系和盆地基底构造层寒武系中类卡林型金矿受脆韧性剪切带和印支期岩浆侵位形成的热构造叠加特征更为明显。

5 结论

综上所述,(1)陕西柞山商晚古生代沉积盆地动力学特征为:①在早古生代扬子板块北被动陆缘残余洋盆基础上,经历了志留纪—早泥盆世北秦岭岛弧造山带—残余洋盆转换过程,在中泥盆世演化为秦岭微板块北陆缘上拉分断陷盆地,晚泥盆世深源碱性热流体叠加作用明显,形成了穿层分布的铁白云石钠质角砾岩相带,并发生了构造反转,石炭纪拉分盆地进一步发展演化为残余海盆,并不断萎缩封闭。这种沉积盆地—岛屿带—造山带耦合与转换过程记录了由洋盆—岛弧碰撞造山后,转换为陆—陆碰撞造山过程。②该盆地北侧商丹断裂带、南侧—东侧和西侧均被小磨岭—陡岭和佛坪垂向基底隆起构造带围限和分隔等多因素耦合,使造山带流体发生大规模排泄进入柞一山一商沉积盆地后,发生规模性热水成岩成矿作用,形成了不同类型的层状—似层状构造—(热水)沉积岩相。该盆地充填的沉积物厚度达万余米,证明

具有较大的沉积容纳空间。

(2)从构造—(热水)沉积岩相学看,①本区从浅水沉积环境迅速演进为深水沉积环境,同生断裂活动形成了滑塌沉积、同生滑移褶皱群落、热水角砾岩相、各类热水沉积岩相、热水同生交代蚀变相和热变质相等。②各类层状—似层状热水沉积岩相记录了沉积盆地为造山带流体大规模排泄后,聚集到三级盆地中形成的物质记录和沉积容纳空间。③构造岩相学特征揭示不但记录了本区处于北秦岭岛弧造山带与沉积盆地耦合与转换过程,也记录了面状斜向陆—陆碰撞过程中,造山带流体被大规模排泄到沉积盆地内的热水(热变质)事件,这种区域性热水(热)事件是大陆构造应力作用下形成的构造动热转换与流体大规模运移的构造岩相学记录。④晚泥盆世—石炭纪近南北向的岩石圈地幔收缩,导致了碱性热流体被挤压垂向排泄到陆表残余海盆之中,晚泥盆世—石炭纪陆—陆碰撞成为垂向热传输主要驱动力源,穿层带状分布的铁白云石钠质角砾岩相带可能是深部岩石圈俯冲作用增强,驱动力陆壳浅部流体发生垂向大规模运移所形成,在陆壳浅部发生碱性热流体隐爆作用形成,并伴有顺层或切层的准同生交代作用。

(3)柞一山一商晚古生代沉积盆地的区域成矿分带形成的机制为:①造山带中排泄流体向低压构造区大规模排泄,本研究区拉分盆地中三级盆地为热水排泄和聚集的中心部位,由于该拉分断陷盆地具有较大沉积容纳空间,也就成为造山带—沉积盆地转换过程中流体大规模排泄的构造空间,三级盆地具有良好的热水沉积容纳空间,形成了热水沉积成因的层状金银多金属—菱铁矿—重晶石矿床和各类热水沉积岩相。柞水大西沟—银洞子—穆家庄—山阳黑沟—桐木沟金银多金属—菱铁矿—重晶石成矿带受柞水—山阳二级盆地中近东西向同生断裂带控制(图2),矿床主要定位构造为受东西向和近北东向两组同生断裂控制的三级盆地中(图4),三级盆地和热水沉积岩相揭示了该拉分断陷盆地中热水沉积成岩成矿中心位置。②在该盆地中形成了近东西向深部碱性热流体叠加侵位,穿层带状分布的铁白云石钠质角砾岩相带是晚泥盆世—石炭纪碱性热流体事件的物质记录,同时形成了与这些角砾岩相带密切有关的金—镍—钴—铜—砷脉状富矿和叠加成矿作用。万丈沟—纸房沟脉状镍钴金铜成矿带与钠长石铁碳酸盐质角砾岩带等,揭示了该拉分断陷盆地遭受碱性深源热流体叠加成岩成矿的构造空间(图2A),它们是金—镍—钴—

铜—砷脉状富矿今后主要找矿方向。③该盆地在印支期改造变形过程中形成了脆韧性构造变形带中类卡林型金矿,这种含金蚀变构造变形带受山阳—凤镇岩石圈断裂带在印支期—燕山期发生的构造变形带控制,二台子—凤镇—中村钒金(类卡林型)成矿带属于盆地基底构造在印支期—燕山期形成的叠加构造变形带。在该拉分断陷盆地西北部和山阳等地,印支—燕山期中酸性侵入岩形成了侵入构造带和热叠加改造蚀变带,控制了大西沟—银洞子银多金属矿田外围等地区的类卡林型金矿。

参考文献(References)

- 1 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,2001:1-855 [Zhang Guowei, Zhang Benren, Yuan Xuecheng, et al. Qinling Orogenic Belt and Continental Dynamics [M]. Beijing: Science Press, 2001: 1-855]
- 2 Guowei Zhang, Liwen Xiang, Qingren Meng. The Qinling orogeny and intracontinental orogen mechanisms [J]. *Episodes*, 1995, 18(1-2): 36-39
- 3 许志琴,卢一伦,汤耀庆,等. 东秦岭复合山链的形成—变形、演化及板块动力学[M]. 北京: 环境科学出版社,1988:137-149 [Xu Zhiqin, Lu Yilun, Tang Yaoqing, et al. Formation of the Composite Eastern Qinlin Chains [M]. Beijing: Environmental Science Press, 1988: 137-149]
- 4 Meng Q R, Zhang G W. Timing of collision of the North and South China blocks: controversy and reconciliation [J]. *Geology*, 1999, 27: 123-126
- 5 Meng Q R, Zhang G W. Geologic framework and tectonic evolution of Qinling orogeny, Central China [J]. *Tectonophysics*, 2000, 323: 183-196
- 6 刘宝珺,许效松,徐强,等. 东秦岭柞水—镇安地区泥盆纪沉积环境和盆地演化[J]. 沉积学报,1990,8(4): 3-12 [Liu Baojun, Xu Xiaosong, Xu Qiang, et al. Devonian sedimentary environments and basin evolution in Zhashan-Zhengan area, Eastern Qinling, China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1990, 8(4): 3-12]
- 7 孟庆任,梅志超,于在平,等. 秦岭板块北缘一个消失了的泥盆纪古陆[J]. 科学通报,1995,40(3): 254-256 [Meng Qingren, Mei Zhichao, Yu Zaiping, et al. A lost Devonian oldland on the northern margin of Qinling Plate [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1995, 40(17): 1456-1460]
- 8 孟庆任,梅志超,于在平,等. 南秦岭北缘镇安盆地晚泥盆世浊积岩系及盆地发展[J]. 沉积学报,1996,14(增刊): 25-32 [Meng Qingren, Mei Zhichao, Yu Zaiping, et al. Late Devonian turbidite system and tectonics of Zhen'an basin at northern margin of Southern Qinling [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1996, 14(Suppl.): 25-32]
- 9 孟庆任,于在平,梅志超. 北秦岭南缘弧前盆地沉积作用及盆地发展[J]. 地质科学,1997,32(2): 136-145 [Meng Qingren, Yu Zaiping, Mei Zhichao. Sedimentary and development of the forearc basin at southern margin of North Qinling [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 1997, 32(2): 136-145]
- 10 李亚林,张国伟,宋传中. 东秦岭二郎坪弧后盆地双向式俯冲特征[J]. 高校地质学报,1998,4(3): 286-293 [Li Yalin, Zhang Guowei, Song Chuanzhong. Characteristics of bidirectional subduction of Erlanping backarc basin in the east Qinling [J]. *Geological Journal of China Universities*, 1998, 4(3): 286-293]
- 11 孟庆任,薛峰,张国伟. 秦岭商丹带内黑河地区砾岩沉积及其构造意义[J]. 沉积学报,1994,12(3): 37-46 [Meng Qingren, Xue Feng, Zhang Guowei. Conglomerate sedimentation and its tectonic implication, Heihe area within Shangdan zone of the Qinling [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1994, 12(3): 37-46]
- 12 方维萱,卢纪英. 陕西银洞子—大西沟菱铁银多金属矿床热水沉积岩相特征及成因[J]. 沉积学报,2000,18(3): 431-438 [Fang Weixuan, Lu Jiying. Genesis and characteristics of hydrothermal sedimentary facies for siderite-silver-polymetallic deposits in Yindongzi and Daxigou, Shaanxi, China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 18(3): 431-438]
- 13 方维萱,胡瑞忠. 秦岭造山带泥盆纪三级构造热水沉积成矿盆地主控因素——大型—超大型矿床集中区研究[J]. 大地构造与成矿学,2001,25(1): 27-35 [Fang Weixuan, Hu Ruizhong. Key controls of Devonian three-order hydrothermal sedimentary basin with mineralizer in the Qinling orogeny, China—Research on accumulation district of large-superlarge ore deposits [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2001, 25(1): 27-35]
- 14 方维萱,张国伟,李亚林. 南秦岭晚古生代伸展构造特征与意义[J]. 西北大学学报: 自然科学版,2001,31(3): 235-240 [Fang Weixuan, Zhang Guowei, Li Yalin. Characteristics and implications of extensional tectonics in the Upper Palaeozoic in the Qinling orogenic belt [J]. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 2001, 31(3): 235-240]
- 15 王相,等. 秦岭造山与金属成矿[M]. 北京: 冶金工业出版社,1996 [Wang Xiang, et al. Qinling Orogenics and Metallogenics [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1996]
- 16 董云鹏,张国伟,赵霞,等. 北秦岭元古代构造格架与演化[J]. 大地构造与成矿学,2003,27(2): 115-124 [Dong Yunpeng, Zhang Guowei, Zhao Xia, et al. The Proterozoic tectonic framework and evolution of the North Qinling orogen, central China [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2003, 27(2): 115-124]
- 17 杜定汉. 陕西秦巴地区泥盆系研究[M]. 西安: 西安交通大学出版社,1987: 1-230 [Du Dinghan. Research of the Devonian System of Qin-Ba Region within the Territory of Shaanxi [M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 1987: 1-230]
- 18 崔智林,梅志超,孟庆仁,等. 南秦岭寒武—奥陶纪碳酸岩台地演化[J]. 沉积学报,1997,15(1): 161-167 [Cui Zhilin, Mei Zhichao, Meng Qingren, et al. Evolution of early Palaeozoic carbonate platform, South Qinling Mt. [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15(1): 161-167]
- 19 裴先治,李厚民,李国光. 东秦岭丹凤岩群的形成时代和构造属性[J]. 岩石矿物学杂志,2001,20(2): 180-188 [Pei Xianzhi, Li Houmin, Li Guoguang. A study of formation epoch and tectonic attribute of the Danfeng Group complex in east Qinling mountains [J]. *Acta*

- ta Petrologica et Mineralogica, 2001, 20(2): 180-188]
- 20 李勇, 苏春乾, 刘继庆. 东秦岭造山带钠长岩的特征、成因及时代[J]. 岩石矿物学杂志, 1999, 18(2): 121-127 [Li Yong, Su Chunqian, Liu Jiqing. Characteristics and genesis of the albite in the East Qinling Orogenic belt [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 1999, 18(2): 121-127]
- 21 方维萱, 张国伟, 胡瑞忠, 等. 陕西二台子铜金矿钠长石碳酸(角砾)岩类特征及形成构造背景分析[J]. 岩石学报, 2000, 16(3): 392-400 [Fang Weixuan, Zhang Guowei, Hu Ruizhong, et al. Analysis on tectonic background of formation and characteristics of albite carbonate brecciaite from Ertaizi Cu-Au deposits in the Qinling orogeny [J]. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16(3): 392-400]
- 22 唐永忠, 齐文, 刘淑文, 等. 南秦岭古生代热水沉积盆地与热水沉积成矿[J]. 中国地质, 2007, 34(6): 1091-1100 [Tang Yongzhong, Qi Wen, Liu Shuwen, et al. Paleozoic hydrothermal sedimentary basin and hydrothermal sedimentary mineralization in the Southern Qinling [J]. Geology in China, 2007, 34(6): 1091-1100]
- 23 端木合顺. 沉积喷流型矿床热水沉积旋回及其地球化学特征[J]. 西安科技学院学报, 2003, 23(2): 151-155 [Duanmu Heshun. Geochemical characteristics and hydrothermal deposit cycling of sedimentary eruption ore deposits [J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2003, 23(2): 151-155]
- 24 李强, 王兵岐, 马治国, 等. 南秦岭凤太盆地金矿与铅锌矿的成矿模式[J]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(1): 15-21 [Li Qiang, Wang Bingqi, Ma Zhiguo, et al. Space-time relationship of gold deposit to lead-zinc deposit in Fengtai ore field in South Qinling [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2007, 29(1): 15-21]
- 25 李强. 凤太盆地硅质岩系地球化学特征及热水成矿效应[J]. 岩石矿物学杂志, 2009, 28(3): 243-250 [Li Qiang. Geochemistry siliceous rocks and effect of hydrothermal mineralization in Fengxian-Taibai basin, Shaanxi Province [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2009, 28(3): 243-250]
- 26 曾荣, 刘淑文, 薛春纪, 等. 南秦岭古生代盆地演化中幕式流体过程及成岩成矿效应[J]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(3): 234-239 [Zeng Rong, Liu Shuwen, Xue Chunji, et al. Episodic-fluid process and effect of diagenesis and mineralization in evolution of Paleozoic basins in South Qinling [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2007, 29(3): 234-239]
- 27 唐永忠, 朱迎堂. 南秦岭古生代沉积盆地构造活动—海平面变化与沉积响应[J]. 沉积学报, 2007, 25(5): 653-662 [Tang Yongzhong, Zhu Yingtang. Tectonic activity—sea level change and sedimentary response of Paleozoic basins in South Qinling Mountains [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(5): 653-662]
- 28 刘家军, 冯彩霞, 刘建明, 等. 西秦岭南亚热带层控金-硒矿床的赋矿地层时代与成矿时代[J]. 地学前缘, 2004, 11(2): 435-443 [Liu Jiajun, Feng Caixia, Liu Jianming, et al. Reidentification of the ore-hosted strata age and metallogenic age of the stratabound Au-Se deposits, the Western Qinling Mountains [J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(2): 435-443]
- 29 刘家军, 郑明华, 刘建明, 等. 西秦岭大地构造演化与金成矿带的分布[J]. 大地构造与成矿学, 1997, 21(4): 307-314 [Liu Jiajun, Zheng Minghua, Liu Jianming, et al. Geotectonic evolution and mineralization zone of gold deposits in Western Qinling [J]. Geotectonica et Metallogenia, 1997, 21(4): 307-314]
- 30 西北地质科学研究所, 陕西省冶金地质勘探公司714队. 陕西柞水某铁-多金属矿床成矿地质特征[J]. 西北地质, 1977, 1: 36-45 [Northwest Geology Science Institute, Shaanxi Metallurgical Geological Exploration Company 714 Team. The geological characteristics of iron, polymetallic deposit, Shaanxi Zhushui [J]. Northwest Geology, 1977, 1: 36-45]
- 31 包崇高, 黄长青, 高元龙, 等. 柞山地区铜银金镍钴成矿条件与找矿前景[J]. 有色金属矿产与勘查, 1997, 6(3): 150-154 [Bao Chonghao, Huang Changqing, Gao Yuanlong, et al. The metallogenic and prospecting of Cu-Ag-Au-Ni-Co deposits in the Zhashan area, Shaanxi [J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 1997, 6(3): 150-154]
- 32 曹宏宏, 朱赖民. 陕西省柞水县王家沟卡林型金矿床地质特征及成因初探[J]. 地质与勘探, 2009, 45(1): 23-29 [Cao Donghong, Zhu Laimin. Preliminary study on geological features and genesis of Wangjiagou gold deposit in Zhushui County, Shaanxi Province [J]. Geology and Exploration, 2009, 45(1): 23-29]
- 33 齐亚林, 张复新, 王伟涛, 等. 拉尔玛金矿床与夏家店金矿床地质地球化学特征对比[J]. 地质找矿论丛, 2004, 19(4): 217-222, 274 [Qi Yalin, Zhang Fuxin, Wang Weitao, et al. The characteristic contrast of geology and geochemistry in Laerma gold deposit and Xiajiadian gold deposit [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2004, 19(4): 217-222, 274]
- 34 高菊生, 王瑞廷, 张复新, 等. 南秦岭寒武系黑色岩系中夏家店金矿床地质地球化学特征[J]. 中国地质, 2006, 33(6): 1371-1378 [Gao Jusheng, Wang Ruiting, Zhang Fuxin, et al. Geology and geochemistry in the Xiajiadian gold deposit in the Cambrian black rock series in the South Qinling [J]. Geology in China, 2006, 33(6): 1371-1378]
- 35 王瑞廷, 李剑斌, 任涛, 等. 柞水—山阳多金属矿集区成矿条件及找矿潜力分析[J]. 中国地质, 2008, 35(6): 1291-1298 [Wang Ruiting, Li Jianbin, Ren Tao, et al. Metallogenic conditions and prospecting potential of the Zhushui-Shanyang poly-metal ore cluster [J]. Geology in China, 2008, 35(6): 1291-1298]
- 36 徐强, 翟刚毅, 杨志华, 等. 东秦岭南带沉积盆地性质和演化[J]. 矿物岩石, 2001, 21(3): 27-33 [Xi Qiang, Zhai Gangyi, Yang Zhihua, et al. Property and evolution of sedimentary basin in the Southern belt of East Qinling [J]. Journal of Mineral Petrology, 2001, 21(3): 27-33]
- 37 杨宗让, 弓小平, 刘建朝, 等. 秦岭晚古生代增生弧前盆地的热水成矿系统[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2008, 38(5): 807-812, 828 [Yang Zongrang, Gong Xiaoping, Liu Jianchao, et al. Hydrothermal metallogenic system of Late Paleozoic fore-arc accretionary basin in the south Qinling [J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2008, 38(5): 807-812, 828]
- 38 王宗起, 闫全人, 闫臻, 等. 秦岭造山带主要大地构造单元的新划分[J]. 地质学报, 2009, 83(11): 1528-1546 [Wang Zongqi, Yan

- Quanren, Yan Zhen, *et al.* New division of the main tectonic units of the Qinling Orogenic Belt, Central China [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2009, 83(11): 1528-1546]
- 39 王宗起, 王涛, 闫臻. 秦岭南古生代弧前增生型背驮型盆地体系[J]. *地质通报*, 2002, 21(8-9): 456-464 [Wang Zongqi, Wang Tao, Yan Zhen, *et al.* Late Paleozoic forearc accretionary piggyback type basin system in the South Qinling, Central China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2002, 21(8-9): 456-464]
- 40 牛宝贵, 和政军, 任纪舜, 等. 秦岭地区陡岭—小茅岭隆起带西段几个岩体的 SHR IMP 锆石 U-Pb 测年及其地质意义[J]. *地质论评*, 2006, 52(6): 826-835 [Niu Baogui, He Zhengjun, Ren Jishun, *et al.* SHRIMP U-Pb ages of zircons from the intrusions in the Western Douling-Xiaomaoling uplift and their geological significance [J]. *Geological Review*, 2006, 52(6): 826-835]
- 41 杨钊, 董云鹏, 周鼎武, 等. 南秦岭柞水地区小磨岭杂岩基性岩类的地球化学特征及其地质意义[J]. *地质通报*, 2008, 27(5): 611-617 [Yang Zhao, Dong Yunpeng, Zhou Dingwu, *et al.* Geochemistry and geologic significance of basin rocks in the Xiaomoling complex in the Zhashui area, South Qinling, China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(5): 611-617]
- 42 凌文黎, 王歆华, 程建萍, 等. 南秦岭镇安岛弧火山岩的厘定及其地质意义[J]. *地球化学*, 2002, 31(3): 222-229 [Ling Wenli, Wang Xinhua, Cheng Jianping, *et al.* Recognition and geological significance of Zhen'an arc-volcanic suite, South Qinling Orogenic belt [J]. *Geochimica*, 2002, 31(3): 222-229]
- 43 许继锋, 张本仁, 韩吟文. 东秦岭造山带两类元古宙地壳基底及其地壳增生[J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 1996, 21(5): 476-480 [Xu Jifeng, Zhang Benren, Han Yinwen. Two kinds of Proterozoic crustal basement and crustal growth in the east Qinling Orogenic belt [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 1996, 21(5): 476-480]
- 44 苏春乾, 胡建民, 李勇. 南秦岭地区存在两种不同构造属性的耀岭河群[J]. *岩石矿物学杂志*, 2006, 25(4): 287-298 [Su Chunqian, Hu Jianmin, Li Yong. The existence of two different tectonic attributes in Yaolinghe Group in South Qinling region [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2006, 25(4): 287-298]
- 45 李靠社. 陕西山阳商南耀岭河群地层时代的讨论[J]. *陕西地质*, 1990, 8(2): 53-58 [Li Kaoshe. A discussion on the time of the Yaolinghe Group in Shanyang-Shangnan area, Shaanxi Province [J]. *Shaanxi Geology*, 1990, 8(2): 53-58]
- 46 董云鹏, 赵霞. 南秦岭前寒武纪岩浆构造事件与地壳生长[J]. *西北大学学报: 自然科学版*, 2002, 32(2): 172-176 [Dong Yunpeng, Zhao Xia. The magmatism and tectonic events in South Qinling belt and its implications for the crust growth [J]. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 2002, 32(2): 172-176]
- 47 董云鹏, 张国伟, 赵霞, 等. 北秦岭元古代构造格架与演化[J]. *大地构造与成矿学*, 2003, 27(2): 115-124 [Dong Yunpeng, Zhang Guowei, Zhao Xia, *et al.* The Proterozoic tectonic framework and evolution of the North Qinling Orogen, Central China [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2003, 27(2): 115-124]
- 48 崔建堂, 赵长缨, 计文化. 柞水北部秦岭群中丹凤岩群和龙潭子序列的确立[J]. *陕西地质*, 1999, 17(1): 1-11 [Cui Jiantang, Zhao Changyin, Ji Wenhua. Danfeng rock Group and Longtanzi succession have been established in Qinling Group in the north part of Zhashui, Shaanxi [J]. *Shaanxi Geology*, 1999, 17(1): 1-11]
- 49 王涛, 王晓霞, 田伟, 等. 北秦岭古生代花岗岩组合、岩浆时空演变及其对造山作用的启示[J]. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2009, 39(7): 949-971 [Wang Tao, Wang Xiaoxia, Tian Wei, *et al.* North Qinling Paleozoic granite associations and their variation in space and time: Implications for orogenic processes in the orogens of central China [J]. *Science in China: Series D: Earth Science*, 2009, 39(7): 949-971]
- 50 周鼎武, 张成立, 韩松, 等. 东秦岭早古生代两条不同构造—岩浆杂岩带的形成构造环境[J]. *岩石学报*, 1995, 11(2): 115-126 [Zhou Dingwu, Zhang Chengli, Han Song, *et al.* Tectonic setting on the two different tectonics-magma complex of the East Qinling in Early Paleozoic [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1995, 11(2): 115-126]
- 51 周鼎武, 张成立. 论北秦岭加里东期造山作用[J]. *西北大学学报: 自然科学版*, 1994, 24(3): 245-250 [Zhou Dingwu, Zhang Chengli. On the Caledonian Orogeny of the Northern Qinling [J]. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 1994, 24(3): 245-250]
- 52 李文厚, 梁金哲, 邵磊, 等. 陕西山阳地区刘岭群的风暴沉积和海底扇沉积[J]. *西北大学学报: 自然科学版*, 1991, 21(1): 95-99 [Li Wenhou, Liang Jinzhe, Shao Lei, *et al.* Storm and submarine fans deposits of the Liuling Group in Shanyang region, Shaanxi Province [J]. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 1991, 21(1): 95-99]

Dynamics of the Late Paleozoic Apart-pull Basin and Its Relationship with Mineralization of Gold-silver-polymetallic-barite-siderite Deposits in Zha-Shan-Shang , Shaanxi Province

FANG Wei-xuan^{1 2} LIU Jia-jun¹

(1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources , University of Geosciences , Beijing 100083;

2. Sino-Tech Mineral Exploration Joint-stock Company , Beijing 100012)

Abstract: Based on re-construction and restoration of geotectonic-paleogeographic position and tectonic lithofacies , the Paleozoic sedimentary basin of Zhashui-Shanyang-Shangxian in Shaanxi Province could be the apart-pull basin on the north passive margin of the Qinling sub-plate block. This apart-pull basin might have been developed on the residue oceanic basin on the north passive margin of the Yangtze plate , and undergone transformation of arc-orogeny and residue oceanic basin during the Silurian-Devonian age. Furthermore , this basin might be superimposed by deep-sourced , alkaline hydrothermal fluid during the Late Devonian Period , resulted in lithofacies zones of ankerite-albite breccia and inversion of the basin. Finally , it had been advanced into a remain-sea basin to be shrinking and closed during the Carboniferous Period. Transformation and coupling process of orogeny-sedimentary basin-island structure may be records form the arc-land type orogeny to land-land type orogeny. Obvious regional mineralization zonation in this basin may be possibly related to poly diagenesis-mineralization. Firstly , a variety of hydrothermal sedimentary lithofacies are well established in the basin which disclosed that hydrothermal diagenesis-mineralization at the large scale took place in the basin. On the one hand , this could be that hydrothermal fluids from the orogeny belt migrated at the large scale into the basin enclosed by paleo-landblock and orogeny during the transformation and coupling process of orogeny-sedimentary basin-island structure. On the other hand , third-and fourth-order basins controlled by NE-and EW-trending synfaults offered sedimentary capacity for the hydrothermal mineralization. Mapping of sublithofacies and microlithofacies may help to delineate their distribution of topologic structure. Secondly , lithofacies zones of ankerite-albite breccia in the remain-sea basin closely related to vein-type of Au-Ni-Co-Cu deposits at the higher grades were formed by cryptoexplosion of deep-sourced , alkaline hydrothermal fluids. The fluids might be driven by mainly vertical-upping force during land-land type collision at the south-north-direction shrinking of lithosphere. Finally , Carlin-like gold deposits are hosted in the upper part of basin-base structure layer and lithofacies of hydrothermal turbidity at the basin were controlled by the late brittle-ductile shear zone in the area.

Key words: apart-pull basin; basin dynamics; tectonic lithofacies; hydrothermal sedimentary lithofacies; superimposed lithofacies of tectonic hydrothermal fluids