

南秦岭晚古生代伸展构造特征及意义

方维萱^{1,3}, 张国伟², 李亚林⁴

(1.中国科学院地球化学研究所 矿床开放实验室, 贵州 贵阳 550002; 2.西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069;
3. 西北有色地质勘查局 陕西 西安 710054; 4. 成都理工学院 沉积地质研究所, 四川 成都 610059)

摘要:采用构造岩石地层—沉积盆地—热水成矿流体及沉积组合—构造变形分析等方法,对秦岭造山带晚古生代伸展构造特征及意义进行了系统研究。结果表明:秦岭造山带从加里东期末—海西期末一直处于(剪切)伸展体制下,形成一系列伸展构造,其伸展构造样式主要有同生断裂、剥离断层、陆表海域中的盆岛构造、地堑—地垒式盆地构造、三级热水沉积成矿盆地,叠合沉积盆地内的伸展构造样式有褶皱层、分层剪切流变构造、滑塌同沉积构造、阶梯状同生断层等;这些伸展构造样式显示秦岭微板块是以伸展作用发生陆壳变形的,可称为秦岭型伸展构造样式;伸展构造是主要控矿构造,低序次同生断裂是含矿热水运移的通道,三级热水沉积成矿盆地是聚矿空间和热水沉积成矿场所,热水喷溢通道口及含矿热水沉积岩相是矿层赋存的部位。认为秦岭型伸展构造样式对研究区域成矿学和区内的矿产资源勘查与预测有重要的理论和应用价值。

关键词:伸展构造样式;同生断裂;剥离断层;盆岛构造;三级热水沉积成矿盆地

中图分类号: P54 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-274X (2001) 03-0235-06

近几十年来,伸展构造受到地质学界的高度重视^[1], Gorodon (1985)在研究美国西部变质核杂岩及滑脱带的超大型低品位金矿床成因时,提出了伸展体制下流体循环流动的抽象模式。秦岭造山带是我国重要的金、银多金属和汞锑巨型成矿带,秦岭造山带“立交桥式”地壳—地幔结构模型^[2,3]及热水沉积矿床模式^[4-6]等成果为认识秦岭晚古生代伸展构造提供了基础。热水沉积岩相的提出和应用研究^[7-14],揭示了同生断裂—三级热水沉积成矿盆地—热水成矿流体三者之间的协同和耦合关系。秦岭造山带泥盆纪聚矿沉积盆地与南秦岭深部古地幔柱有密切的联系^[15],秦岭陆壳沉降区在形成过程中必然伴随一系列伸展变形,但前人在系统研究和讨论陆壳浅部的伸展变形样式较少。本文对南秦岭晚古生代伸展构造特征及意义进行了系统的讨论。

1 同生断裂

1.1 高序次同生断裂

在秦岭造山带泥盆纪沉积盆地基底中,发育由基底断裂复活形成的同生断裂系统 (Synsedimentary fault systems),从南到北有玛曲—迭部—略阳—酒奠梁—镇安—板岩镇—礼县—凤县—山阳^[4-6,16]、商丹带等 4条规模较大的高序次同生断裂,它们常由一系列同生断裂组成,多呈北西西向展布。礼县—凤县—山阳断裂是秦岭泥盆纪陆表海域重要的古地理分界线和高序次同生断裂^[4-6,16],倾向北,倾角 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$,具有控盆控矿特征。

1.1.1 断裂两侧沉积相和沉积物厚度差别较大^[4]

西段北侧天水—漳县一带泥盆纪沉积物厚 5 000 m,南侧礼县一带以浅水碳酸盐台地相为主;东段北侧山阳—二峪河一带泥盆纪沉积物厚 9 936 m,南侧

收稿日期: 2000-10-30

基金项目: 国家重大基础研究规划项目 (G1999043200); 国家自然科学基金 (49732080)联合资助项目

作者简介: 方维萱 (1961-),男,陕西西安人,中国科学院地球化学研究所博士后,教授级高级工程师,从事矿产勘查、沉积盆地与地质流体研究。

镇安地区沉积物厚度较小;东段北侧商南地区泥盆纪沉积物厚度 8 000 m 以上,南侧沉积物厚度很薄并大面积缺失。

1.1.2 断裂控制着一级沉积盆地的形成与演化 早泥盆世时,其南侧泥盆纪沉积盆地开始发育,如旬阳、西成等一级沉积盆地。中泥盆世初期,在近南北向构造扩张的伸展体制下,该断裂北侧与商丹带南侧之间形成东西向断陷沉积并迅速发展至深水沉积体系,形成礼岷拉分盆地和柞山断陷盆地。

1.1.3 断裂控制着矿床的形成与规模 商丹带在海西中期发生规模宏大、弥漫型、透入性近水平方向的左行走滑韧性剪切变形^[17]。沿该断裂以北与商丹带之间发育钠长石岩亚相、钠长似碧玉岩亚相^[7,12,13]及与其有密切关系的超大型、大型金矿床,如八卦庙超大型金矿床、二台子、双王和庞家河大型金矿。断裂以南发育硅质岩亚相、硅质铁白云岩亚相^[7,8]及与其有密切关系的超大型、大型多金属矿床,如八方山及铅峒山大型铅锌矿床、厂坝超大型铅锌矿床。

1.2 低序次同生断裂

低序次同生断裂是三级热水沉积成矿盆地及热水沉积岩相的主控因素,也是含矿热水运移到三级盆地的构造通道。由于深部岩石圈地幔近南北向缓慢俯冲收缩作用,导致凤太一级拉分盆地内陆壳浅部发育 NW、EW 和 SN 向网状同生断裂系统,并形成一系列拉分式三级热水沉积成矿盆地。如发育在局限碳酸盐台上的双王及老铁厂拉分式三级热水沉积成矿盆地、银母寺-八卦庙-八方山拉分式三级热水沉积成矿盆地^[7]。在银母寺-八卦庙-八方山拉分式三级热水沉积成矿盆地中发育钠质热水浊积相、浊积相、等深流沉积岩相及热水沉积岩相,局部夹有火山岩薄层,是一种深水环境中的热水浊流沉积组合。该热水沉积岩相以富 Na、K、Fe、Mg、B、F、As、Sb、Hg、Au 为特征,形成了八卦庙超大型金矿床的初始矿源层^[7,18]。

2 剥离断层

2.1 旬阳-镇安近南北向剥离断层

早泥盆世,旬阳-镇安近南北向剥离断层东盘强烈沉降,西盘相对隆升(佛坪垂向基底隆起东南缘),沿志留-泥盆系接触界面发生构造拆离作用,形成剥离断层。在该剥离断层西盘桐木沟-镇安一带(近南

北向)的寒武-志留纪地层中,发育 110°方向的拉伸线理和近水平流褶皱、流劈理。在桐木沟-镇安一带下泥盆统底部白云质泥岩和白云质泥质粉砂岩中发育滑塌沉积构造、流褶皱、包卷层理、滑塌岩块,构造指向为 290°~ 110°。该剥离断层在桐木沟-镇安一带当时的倾向为南东,由于同生构造作用强烈,导致下泥盆统白云质泥质沉积物(未固结)形成滑塌沉积,而此时沉积中心位于旬阳一带,同生构造指向(290°~ 110°)显示塑性沉积物的主位移流变方向。镇安-桐木沟南北向深水沉积体系、生物礁^[19]、东西向沉积相分带^[20]和热水沉积岩也显示了近南北向同生断裂的发育。

在镇安县二台子和黄家湾一带的寒武-奥陶系条带状白云质灰岩中发育两组密集劈理化带,其产状为 355°∠55°,310°∠75°,劈理密度为 100 条/m,层理产状 320°∠12°。这两组密集劈理化带在泥盆系中没有发现,仅限于寒武-奥陶系中,暗示其可能形成于海西期。中泥盆统不整合覆盖于寒武-奥陶系的碳酸盐岩之上,在镇安-黄家湾一带的中泥盆统中发育倾向 110°,倾角 30°~ 20°的流褶皱及包卷层理、滑塌岩块,同生构造指向为 290°~ 110°。这可能是旬阳-镇安近南北向同生断裂在寒武-奥陶系中倾向为北北西,由于同生构造作用强烈,导致泥盆系泥质-泥质粉砂质沉积物(未固结)形成滑塌沉积。此时沉积中心位于镇安南-旬阳一带,构造指向 290°~ 110°为塑性沉积物主位移流变方向。

2.2 龙王沟剥离断层带

在凤太泥盆纪拉分盆地东南缘的志留系-泥盆系之间,发育龙王沟剥离断层带^①。该剥离断层带由一系列韧性正断层和其间的岩片构成,在上、下盘岩层中发育一系列次级小断层,构成近 200 m 的断层带。早期具有韧性剪切变形及发育倒向一致的流状拖褶皱,指示剥离方向为自南东向北西。晚期复合的脆性正断层面明显,发育有碎裂岩、断层泥。断裂带内碎裂岩和糜棱岩均比较发育,据碳酸盐质糜棱岩和构造片岩的岩相分析,在极密图上反映出拉张应力方向为 290°~ 310°至 110°~ 130°^①。该剥离断层带控制了凤太泥盆纪沉积盆地东部边缘的界限,反映该盆地东缘沿志留系有构造拆离作用,而盆地以外的东、南部志留系相对上隆(佛坪垂向基底隆起西北缘),成为该盆地的蚀源岩区,构成对一级沉积盆地

① 李荣社. 区域地质调查报告. 1: 5万比例尺, 靖口关幅, 江口镇幅, 1982.

的阻隔和封闭作用。

旬阳-镇安近南北向剥离断层和龙王沟剥离断层带分别位于佛坪垂向基底隆起的东南缘和西北缘,剥离断层和同生构造-沉积组合特征表明,在早-中泥盆世时佛坪垂向基底隆起缓慢的抬升,为剥离断层的形成提供了动力学背景。

3 盆岛构造

3.1 盆岛构造格局

在泥盆纪陆表海域中,分布着一系列沉积盆地和垂向基底隆起:从南向北依次为勉略裂谷盆地→旬阳-留坝晚古生代隆起带→旬阳-镇安半地堑式沉积盆地→小磨岭-陡岭-佛坪-白水江海岛(垂向基底隆起)→柞山断陷盆地→商丹带中黑河弧前盆地→北秦岭古陆;从西到东为西成拉分盆地→白水江海岛(垂向基底隆起)→凤太拉分盆地→佛坪海岛(垂向基底隆起)→板沙拉分盆地→小磨岭海岛(垂向基底隆起)→柞山断陷盆地→陡岭海岛(垂向基底隆起)→浙川沉积盆地→武当海岛(垂向基底隆起)。

3.2 地堑-地垒式盆地构造

西成-凤太-镇安及柞山沉积盆地内部构造均表现为地堑-地垒式构造格局。由北东向及近南北向的低序次同生断裂,控制了相应的北东向-近南北向的水下隆起和凹陷。以柞山泥盆纪沉积盆地为例,在南阳桐木沟两侧发育北东向阶梯状背向同生断裂^[21],中心为北东向水下隆起(地垒式构造),在桐木沟-大西沟之间发育一系列北东向凹陷(地堑式构造),大西沟以西为柞水北东向水下隆起(地垒式构造),在柞山断陷盆地内形成桐木沟、穆家庄、黑沟、万丈沟、大西沟-银洞子 5 个三级热水沉积成矿盆地^[7]。在深部地质作用下形成的柞山一级断陷盆地,有异常地热背景及多次热水活动。其地层层序如下。

1) 大西沟组 D_2d_1 — D_2d_2 底部有中-粗粒砂岩、长石石英砂岩,向上粒度逐渐变细、泥质增加,是一套中-细碎屑复理石建造。其中发育顺层掩卧褶皱、剪切变形、滑塌沉积、包卷层理,代表柞山一级断陷盆地发育初期的快速断陷沉降过程。

2) 大西沟组 D_2d_1 在柞山一级断陷盆地中普遍发育,且在三级热水沉积成矿盆地形成时开始发育。其岩性为方柱石铁白云岩、方柱石结晶灰岩、方柱石碎屑岩、含炭绿泥石绢云母千枚岩、炭质千枚岩和黑云母角砾岩,说明有区域性热水活动事件发生,属热水渗透交代岩相^[12]。方柱石化、黑云母化被认为是

中基性火山物质在热水“浸泡”中发生交代作用所形成的^[6,21]。

3) 大西沟组 D_2d_1 — D_2d_2 在柞山一级断陷盆地西部大西沟-银洞子一带继续发生快速沉降,并伴有热水活动(第 1 个热水沉积序列),黑沟、桐木沟、大西沟-银洞子、皂河-干沟 4 个三级热水沉积成矿盆地开始发育。在大西沟-银洞子-皂河一带,有热水同生沉积交代亚相(方柱石化结晶灰岩、方柱石黑云母角砾岩)及热水同生沉积亚相(菱铁矿岩)、铁白云岩亚相-菱铁矿岩亚相的急剧微相相变,显示大西沟西可能是低序次近南北向同生断裂的发育部位^[7,12]。

4) 大西沟组 D_2d_3 是三级热水沉积成矿盆地发育全盛时期,柞山一级断陷盆地内热水活动强烈(第 2 个热水沉积序列),硅质铁白云岩亚相是柞山一级断陷盆地内的标志对比层。三级热水沉积成矿盆地边缘斜坡相由硅质铁白云岩亚相与绿泥绢云千枚岩、绢云绿泥千枚岩组成,是一套细碎屑浊流沉积,并伴有热水同生沉积-交代作用。由于北东向、近南北向同生断裂强烈断陷,在该盆地西缘形成大西沟-银洞子三级热水沉积成矿盆地^[7,12]。

5) 大西沟组 D_2d_3 是第 3 个热水沉积序列,在黑沟三级沉积成矿盆地中发育完整。

6) 大西沟组 D_2d_4 是第 4 个热水沉积序列,但热水活动急剧减弱,正常沉积作用增强。

上述热水沉积地层层序说明:热水沉积形成于深水环境中,且以远海低速沉积为主;热水沉积岩相的急剧微相相变部位是低序次同生断裂发育部位;三级热水沉积成矿盆地边缘斜坡相(硅质铁白云岩亚相)由低序次同生断裂控制边界,两个低序次同生断裂之间的地堑式断陷部位是三级热水沉积成矿盆地的发育部位;地垒式抬升形成的水下隆起导致了三级热水沉积成矿盆地的分割和封闭,使盆地内有相对封闭的成矿环境。由于水下隆起阻隔了可能来自三级热水沉积成矿盆地以外的远海低速沉积物的加入,在热水成矿流体的地球化学动力作用下导致大规模热水沉积成岩成矿作用^[7,9,12]。第 1,2 个热水沉积序列形成大西沟-银洞子菱铁矿重晶石、银多金属矿床。第 4 个热水沉积序列由于缺乏水下隆起的阻隔,以及大量远海低速沉积物的加入,使热水沉积岩中的矿质分散贫化,没有形成具工业意义的矿产聚集。

3.3 三级热水沉积成矿盆地

3.3.1 热水沉积成矿盆地内同生构造 以铅桐山-

双石铺和银母寺-八卦庙-八方山三级热水沉积成矿盆地为例分析。热水沉积成矿盆地内同生构造主要有低序次同生断裂、同沉积背斜和热水喷溢构造,这些同生构造一般是含矿热水运移、沉淀定位的场所及主要赋矿构造。同沉积背斜^[4]是三级热水沉积成矿盆地洼陷中心的相对高地,热水成矿流体进入三级沉积盆地后形成的环流可能围绕同沉积背斜活动。由于其核部为碳酸盐沉积物组成(偏碱性),给进入三级热水沉积盆地中的热水成矿流体(酸性)提供了地球化学障,并触发热水沉积体系失稳,形成硅质岩亚相沉积^[8],在硅质岩亚相-碳酸盐沉积物之间构成良好的缓冲体系,为其后的热水沉积成矿提供 pH-Eh 条件。

3.3.2 热水喷溢构造 其特征为:① 各类含矿热水角砾岩是热水喷溢口的重要标志,主要有含矿角砾状硅质岩^[8]、含矿角砾状硅质铁白云岩和含矿角砾状钠长石似碧玉岩^[12];② 穿切礁灰岩的钠长石碳酸岩脉和闪长玢岩脉,间接指示热水喷溢通道^[7,18];③ 热水沉积岩相在厚度最大处突然尖灭并发生急剧的相变处,可能是含矿热水上升、运移的通道(同生断裂)。如铅硐山-青崖沟北东向同生断裂分布有同生白云质角砾状灰岩,且含矿硅质岩-硅质铁白云岩向东侧突然尖灭,相变为结晶灰岩。

3.3.3 热水沉积体系 热水沉积体系形成的地层层序,是热水沉积成矿盆地内同生构造的沉积学响应和物质记录。因此,对构造-热水沉积岩相的分析,有助于恢复三级热水沉积成矿盆地的原型和构造古地理环境^[7]。

1) 中泥盆统古道岭组上岩段中、下部为结晶灰岩、生物灰岩、含炭生物灰岩、生物礁灰岩,发育水平层理,以正常生物-化学作用为主,为碳酸盐台地相及生物礁相(水下礁灰岩隆起相),反映了三级热水沉积成矿盆地是在碳酸盐台地的基础上发育起来的。

2) 中泥盆统古道岭组上岩段上部为生物碎屑岩、砂球状生物碎屑灰岩、角砾状砂屑灰岩,发育递变层理、同生褶皱构造,以重力流沉积、断陷-滑坡碎屑流沉积为主,属碳酸盐台地内同生断层引起的断陷滑塌沉积相。其顶部有下渗热水同生交代作用形成的硅化灰岩,发育在三级热水沉积成矿盆地边缘断陷斜坡相中(构造古地理位置),代表三级热水沉积成矿盆地发育初期的快速断陷沉积过程。

3) 上泥盆统星红铺组下岩段特征为:① 下部为含矿硅质岩、含矿硅质铁白云岩及含矿热水角砾岩,

向上递变为含矿炭硅质岩,属三级热水沉积成矿盆地的中心相(构造古地理位置),常是矿层厚度最大和矿化最佳的部位,含矿热水沉积岩相和含矿炭硅质岩,指示封闭、滞流、还原的三级热水沉积成矿盆地,碳酸盐台地构成三级热水沉积成矿盆地外围的高地,阻隔其外围海水的进入和沉积物加入,热水活动和同生断层引起断陷沉积作用强烈,来自沉积盆地下伏地层的热水形成垂向加积为主的矿层;② 中部为含硅质铁白云岩、铁白云岩和生物碎屑灰岩,属热水同生沉积-交代亚相,以热水形成垂向加积为主,侧向热水同生交代为辅,向上过渡为炭质绢云母千枚岩和薄层炭质灰岩(滞流深水盆地相),热水同生交代作用和热水混合同生沉积作用增强,发育在三级热水沉积成矿盆地中同生断层引起的断陷深部;③ 上部为铁白云石绢云母千枚岩、方解石绢云母千枚岩和绿泥石绢云母千枚岩,是泥盆纪陆表海域海侵最大时期形成的粘土-细砂质碎屑沉积,构成对矿层的封存作用。

热水沉积体系由热水喷溢构造通道—热水沉积岩相—滞流深水盆地相—断陷滑塌沉积相—水下礁灰岩隆起相共同组成,是三级热水沉积成矿盆地内及边部的等时异相三维共生组合体。依据热水沉积体系的构造-(热水)沉积岩相恢复三级热水沉积成矿盆地的构造古地理为:同生断裂(热水喷溢构造通道)→中心相(热水沉积岩相-滞流深水盆地相)→边缘相(断陷滑塌沉积相)→盆外相(水下礁灰岩隆起相)。

4 叠合盆地的伸展变形构造样式

4.1 褶皱层

褶皱层是后期伸展盆地形成于先存沉积盆地基础上而成为叠合盆地,使先存沉积盆地的地层充填体发生伸展变形而形成的。在秦岭造山带泥盆纪沉积盆地形成过程中,先存沉积盆地的伸展变形构造样式主要为发育在寒武—志留系中的顺层掩卧褶皱、顺层韧性剪切流变构造、拉伸线理和顺层流劈理。例如:在旬阳泥盆纪沉积盆地西部及凤太泥盆纪沉积盆地东南部的下伏志留系地层中,常见由不同岩性组成的顺层掩卧褶皱、硅质岩、薄层状石英和不同成分条带组成的小型顺层掩卧褶皱和流状褶皱,以及黑色含炭岩系中发育顺层韧性剪切变形;在镇安桐木沟、梅花铺等地志留纪地层中,发育一系列褶皱层。其中的拉伸线理和顺层流劈理表现为透入性,

矿物重结晶有明显的优选方位,一些矿物被拉长定向组成拉伸线理,黄铁矿呈拔丝和“雪球”状组构。其变质程度为低角闪岩相或高绿片岩,以黑云母-石英-碳酸盐矿物为典型组合。

4.2 分层剪切流变构造

该构造发育在泥盆纪沉积盆地边缘或同沉积断层附近的泥质岩、碳酸质与泥砂质岩互层中,以变形强烈的韧性流变为特征,而上下岩层变形较弱或无变形。在山阳-凤镇同沉积断裂北盘由钙质、炭质、粉砂质、碳酸盐质组成的岩层中,发育倒向一致的层间褶皱系,由一系列轴向平行、两翼紧闭拉长、转折端剧烈增厚的褶曲组成。在上泥盆统星红铺组中,发育由平卧褶皱、方解石石英脉组成的石香肠、顺层流劈理及拉伸线理,指示其拉张应力为南东-北西方向。凤太拉分盆地在石炭-中三叠世沉积盆地形成过程中,星红铺组发生伸展变形,形成分层剪切流变构造。

4.3 滑塌同沉积构造

滑塌同沉积构造主要有两类:①指示同沉积断裂伸展作用,由中泥盆统古道岭组及上泥盆统星红铺滑塌同沉积构造组成;②指示沉积盆地强烈伸展作用而导致的断陷沉积。如酒奠梁-镇安-板岩镇(西段)同生断层控制了凤县温江寺中三叠世断陷盆地。该断陷盆地边缘广泛分布着砾屑灰岩,它们以砾状、大透镜状或巨大岩块(可达 $0.7 \text{ km} \times 3 \text{ km}$)存在于砂质复理石建造中,且普遍具与化石混杂现象。这种滑塌同沉积构造被认为是二叠纪沉积盆地裂陷的开始^[22, 23]。

参考文献:

- [1] 马杏垣.论伸展构造[J].地球科学,1982,18(3): 15-22.
- [2] 张国伟,孟庆任,赖少聪.秦岭造山带结构构造[J].中国科学(B辑),1995,25(9): 994-1003.
- [3] ZHAN G Guo-wei, XIAN G Li-wen, MEN G Qing-ren, The Qinling orogen and intracontinental orogen mechanism[J]. Episodes, 1995, 18(1&2): 36-39.
- [4] 王集磊,何伯堉,李健中,等.中国秦岭型铅锌矿床[M].北京:地质出版社,1996. 1-52.
- [5] 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. 1-22.
- [6] 祁思敬,李英.秦岭泥盆系铅锌成矿带[M].北京:地质出版社,1993. 1-50.
- [7] 方维萱.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].西安:西北大学地质学系,1999. 3-72.
- [8] 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.
- [9] 方维萱,张国伟,黄转莹.银洞子-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(3): 484-491.
- [10] 方维萱,卢纪英,张国伟.南秦岭及邻区大陆动力学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.
- [11] 方维萱.秦岭造山带古热水场地球化学类型及流体动力学模型探讨——热水沉积成矿盆地分析与研究方法之二[J].西北地质科学,1999,20(2): 17-27.

5 结 语

加里东期末,华北板块发生逆时针旋转,扬子板块发生顺时针旋转^[24],使秦岭发生了重大的构造古地理变化,由于勉略有限古洋盆的打开,秦岭地块开始独立发育,形成“三板块沿两个消减带消减”^[2, 3]。由于南秦岭深部地幔柱构造的扩展作用,陆壳发生伸展变形。秦岭微板块是由不同成分古陆块拼合而成的,这种不稳定的基底在晚古生代伸展体制下,使基底断裂复活成为同生断裂。在南秦岭陆壳中,垂向基底隆起(古陆块)与沉降区(沉积盆地)之间发育剥离断层,控制着泥盆纪一级沉积盆地的形成与发育。在南秦岭地幔柱热物质形成的大陆热点构造作用下,垂向基底隆起(如佛坪)引起的缓慢抬升,形成了突出于陆表海域之上的海岛(或水下隆起),并成为相邻沉积盆地的蚀源岩区。南秦岭陆壳中沉降区发展为多个一级沉积盆地。秦岭造山带晚古生代伸展构造,既不同于喜马拉雅型伸展,也不同于科迪勒拉型伸展^[25]。这种陆壳浅部伸展构造作用,是由在扬子板块远程俯冲挤压构造域中,总体深部岩石圈缓慢近南北向收缩及南秦岭深部地幔柱的共同作用和耦合之下形成的,可称为秦岭型伸展构造样式。热水同生沉积成岩成矿作用发生在伸展体制下,秦岭造山带泥盆纪大规模热水沉积成矿主要受不同序次和样式的伸展构造协同和耦合的共同控制,进一步研究秦岭型伸展构造样式对区域成矿学和矿产资源勘查与预测有重要的理论和应用价值。

- [12] 方维萱, 卢继英. 陕西银洞子大西沟菱铁矿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.
- [13] 方维萱, 张国伟, 胡瑞忠, 等. 陕西二台子铜金矿床钠长石碳酸(角砾)岩类特征及形成构造背景分析. 岩石学报, 2000, 16(3): 392-400.
- [14] 方维萱, 张国伟, 芦纪英, 等. 秦岭泥盆纪沉积盆地形成、演化与热水成岩成矿. 西北大学学报(自然科学版), 2000, 30(4): 122-129.
- [15] FANG Wei-xuan, ZHANG Guo-wei, LU Ji-ying, *et al.* Complexity and geodynamics of ore-accumulating basin in the Qinling orogenic belt, China. *Acta Geo Sinica*, 2000, 74(3): 458-465.
- [16] 翟裕生. 大型构造与超大型矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1997. 55-60.
- [17] 裴先治. 东秦岭商丹构造带的组成与演化 [M]. 西安: 西安地图出版社, 1997. 147-176.
- [18] 方维萱, 黄转莹, 刘方杰. 八卦庙超大型金矿床构造. 矿物-地球化学 [J]. 矿物学报, 2000, 20(2): 121-127.
- [19] 林晋炎. 陕西镇安三里晚泥盆世生物礁特征及控矿作用 [J]. 沉积学报, 1994, 12(1): 16-22.
- [20] 张复新, 魏宽义. 南秦岭微细粒浸染型金矿床地质与找矿 [M]. 西安: 西北大学出版社, 1997. 42-60.
- [21] 薛春纪. 秦岭泥盆纪热水沉积 [M]. 西安: 西安地图出版社, 1997. 5-35.
- [22] 殷鸿福, 杨逢清, 赖旭龙. 秦岭晚海西-印支期构造古地理发展史 [A]. 张国伟. 秦岭造山带学术讨论会论文集 [C]. 西安: 西北大学出版社, 1991. 68-76.
- [23] 左国朝, 金松桥, 朱伟元. 甘肃夏河县下卡加-完尕滩一带二叠系浊积岩及有关粗碎屑沉积物 [J]. 沉积学报, 1984(3): 75-81.
- [24] 刘育燕, 杨巍然, 森永速男. 华北陆块、秦岭地块和扬子陆块构造演化的古地磁证据 [J]. 地质科技情报, 1993(12): 17-21.
- [25] 李江海. 造山带的伸展作用及其地壳演化意义 [J]. 地质科技情报, 1992, 11(3): 10-17.

(编辑 张银玲)

Characteristics and implications of extensional tectonics in the Upper Palaeozoic in the Qinling orogenic belts

FANG Wei-xuan^{1,2}, ZHANG Guo-wei³, LI Ya-lin⁴

(1. LODG Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 55002, China; 2. Northwest Geological Exploration Bureau, CNNC, Xi'an 710054, China; 3. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China; 4. Institute of sedimentological Geology Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract A series of extensional structures were formed in the environment of shearing extension of the Continental Crust from the end of the Caledonian to the Early Indo-Chinese in the Qinling orogenic belts. Patterns of extensional tectonics or the Qinling extensional pattern include synsedimentary faults, detachment faults, basin-island in the continental sea, horst-graben-typed basin, subbasin of hydrothermal water. Patterns of extensional structures of superimposed basins include cascade fold layers, structure of layering shear deformations, slumping synsedimentary structure, step synsedimentary faults. These patterns of extensional structures suggested that deformations of the Qinling continental block with special continental dynamics had been undergone shearing extension. Extensional structures were dominant structure controlling ore depositions, i. e. passing way for hydrothermal waters bearing ore materials was synsedimentary faults while space and room for ore deposition and accumulation of hydrothermal waters were subbasins of hydrothermal waters, and signatures for ore layer existing were vents of the hydrothermal plume and rock facies. Research on extensional structures in the area can help us well understand the regional metallogenic and prospecting mineral deposits.

Key words extensional structure; tectonic pattern; synsedimentary fault; detachment fault; basin-island tectonics; hydrothermal subbasin