

南秦岭古生代盆地演化中 幕式流体过程及成岩成矿效应

曾 荣¹, 刘淑文¹, 薛春纪², 龚建新³

(1. 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083;

3. 浙江省地质矿产调查公司, 浙江 杭州 310016)

摘要: 从南秦岭古生代盆地构造-沉积演化出发, 通过分析古生界不同层位流体成岩成矿事实与盆地发展演化之间的关系, 探讨了南秦岭早古生代-泥盆纪演化时期多幕流体过程和成岩成矿效应。幕式流体成岩成矿最早可追溯到早寒武世, 区域上从东到西形成了重要的碳硅质岩中重晶石/毒重石矿床及金、铂族元素矿化; 早、中志留世继续发展, 形成了钠长石岩、重晶石岩、铁碳酸盐岩、硅质岩与铅-锌、金矿床; 中泥盆世为最强烈的一次热水沉积活动, 其规模大、热水沉积产物多样, 形成了泥盆系硅质岩-钠长石岩-重晶石岩-铁白云石岩中的铅锌(铜)矿床、铁白云石硅质岩中铅锌(铜)矿床以及钠长石角砾-铁白云石板岩中金-铜矿床。

关键词: 南秦岭; 古生代盆地; 幕式流体活动; 成岩成矿效应

中图分类号: P612; P611 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)03-0234-06

Episodic Fluid Process and Effect of Diagenesis and Mineralization in Evolution of Paleozoic Basins in South Qinling

ZENG Rong¹, LIU Shu wen¹, XUE Chun ji², GONG Jian xin³

(1. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geology, Beijing 100083, China;

3. Zhejiang Company of Geology and Mineral Resources, Hangzhou 310016, Zhejiang, China)

Abstract Following the process of tectonic and sedimentary evolution for South Qinling basin, by analyzing the relationship between the phenomena of diagenesis and mineralization in different strata in the basin and the development and evolution, this paper discusses the episodic fluid process and the diagenesis and mineralization from the early Paleozoic to Devonian, and establishes the sequences of diagenesis and mineralization. The earliest episodic fluid activity in Paleozoic basin of South Qinling happened in early Cambrian when the barite/witherite deposits and mineralization of Au PGE with carbonaceous siliceous rock were formed from the east to the west. During early middle Silurian, episodic fluid activity produced albite rock, barite rock, ferruginous carbonate rock, siliceous rock and ore deposits of Pb-Zn and mineralization of Au. During the Devonian, the strongest hydrothermal sedimentation took place in siliceous rock and albite rock, barite rock, ankerite slate and Pb-Zn(Cu) ore deposits, ankerite siliceous rock type Pb-Zn(Cu) ore deposits, and Au, Cu deposits in albite rock/ankerite slate were formed.

Key words: South Qinling region; Paleozoic basin; episodic fluid activity; effect of diagenetic and mineralization

收稿日期: 2006-11-24

基金项目: 中国地质调查局项目(200313000063)

作者简介: 曾 荣(1970), 女, 陕西西安人, 讲师, 博士研究生, 从事岩石学、矿床学研究。E-mail: zengrong@chd.edu.cn

1 区域构造背景

南秦岭早古生代盆地,是在扬子板块北部边缘发展起来的拉张裂谷/裂陷盆地。构造应力南北向拉伸,几条同生断裂(红椿坝—曾家坝断裂、安康—竹山断裂等)控制了拗陷中心和沉积岩相的分布,并且拗陷中心随时间由南向北逐渐迁移^[25-26]。

南秦岭被动陆缘地幔热点岩浆活动,最早可追溯到构成研究区浅变质过渡性基底的具有地幔柱源特征的新元古代耀岭河群和郧西群火山岩系^[27-29]。南秦岭南部早古生代盆地中碱性岩浆活动表明地幔热点活动仍在持续。陈成立^[30]对产在陕南早古生代地层中的一套碱性超基性-基性的岩浆杂岩带研究认为,秦岭造山带早古生代期间存在与深部地幔柱活动相关而引发的一次地壳伸展扩张活动。晚古生代在勉略蛇绿构造混杂岩带中发现源自地幔柱的洋岛玄武岩^[31-32],则标志着随扬子板块北缘的裂解,勉-略洋打开,秦岭微板块从扬子北缘分离出来,开始相对独立发展和演化。

图1 南秦岭地质矿产略图

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

早古生代构造古地理发生重大变化^[31, 33], 分离出秦岭微板块, 并在深部因扬子板块向华北板块之下俯冲, 导致地壳浅部发生伸展和裂隙, 形成了从泥盆纪开始裂隙式地堑—地堑复杂组合的构造古地理格局。张性断裂活动控制了海槽内二级盆地的发生和发展, 形成秦岭泥盆纪二级裂隙海盆(山柞—镇旬盆地、太白—凤县盆地、成县—西和盆地), 造成微板块呈现洋陆兼杂的多岛海域, 水体总体上南浅北深, 沉积中心位于北部山柞—镇旬盆地。拉张应力场中变薄的地壳同生断裂构造发育, 不但为热水溶液上升提供了通道, 而且在每个盆地中又形成了次级海底洼地, 为热水沉积岩的堆积提供了场所。

2 幕式流体过程及成岩成矿效应

2.1 寒武纪成岩成矿流体过程及成矿效应

南秦岭地槽发展早期(寒武纪), 被动陆缘活动性较强, 普遍裂隙沉降, 总体形成陆缘裂谷海槽环境, 西部为白龙江裂陷槽, 东部为紫阳—岚皋裂陷槽。裂陷槽呈东西向狭长带状。在其基底岩石中发育一系列近东西向地堑式同生断裂。在裂陷槽中充填有巨厚的陆源碎屑岩系, 同时, 沿同生断裂发生的海底热水活动形成了热水沉积岩系。寒武世早期从东到西发育一套巨厚的富硅、钡以及金等多种微量元素的碳硅质岩热水沉积建造。

早寒武世加里东期一次裂陷活动, 在白龙江裂陷槽形成了太阳顶群热水沉积碳硅质岩建造。该次热水流体活动以富含硅、金、铂族等多种微量元素组分为特征, 形成了太阳顶群热水沉积碳质硅岩、硅质板岩建造(表 1)。硅岩、硅质板岩中富含有机质、黄铁矿以及金、铂族等多种深源组分, 板岩中偶见火山凝灰物质, 反应区域上伴随有火山活动。盆地周期性拉张沉降作用, 导致热水沉积活动具有多旋回性, 硅岩和板岩互层构成若干个旋回, 最大厚度达千余米。空间上, 硅岩建造从东到西逐渐减薄, 由厚层块状硅岩→条带状硅岩→薄层状板岩, 指示了盆地深度从东(牙相)至西(拉尔玛)有变浅的趋势。层纹状、条带状、块状、多孔状和同生角砾状硅岩在空间上呈现规律性变化, 反映硅岩形成时存在一个热水供应通道^[22-23]。

该套热水沉积硅质岩建造成矿效应明显, 富集金、砷、钡、汞、银、锑、铀、硼、钒、钨、铋、铬等多种元素, 是本区金、铂族成矿的重要矿源层, 局部已圈出工业矿体, 如拉尔玛、邛莫金矿床。主要金属元素

金、铜、铀分带规律为: 铜的矿化或矿体多集中分布在喷口及邻近地带, 金矿体分布在与喷口区有一定距离的硅岩层中; 金、铜、铀矿体虽然无一例外的受太阳顶群硅岩层的控制, 但三者聚集在硅岩层的上下层位却不尽一致, 铜一般聚集在硅岩层的底部和下部; 金多聚集于硅岩层的中上部, 铀多在硅岩层的顶部^[24]。这种水平和垂直分带, 主要受控于三者地球化学行为的差异以及海底喷流作用的固有特性。

东部的紫阳—岚皋裂陷槽早寒武世—奥陶纪则相应发育了洞河群, 为一套碳硅质岩—碳酸盐岩—泥质岩组合, 素有“黑色岩系”之称。该套“黑色岩系”中金、锌、银、钡、汞、锑、砷等元素富集, 巨厚的下伏沉积柱, 不仅是晚古生代—中生代热水成矿重要的矿源层, 其底部早寒武世鲁家坪组中发育一套碳硅质岩、硅质板岩及重晶石—毒重石岩热水沉积建造, 安康—平利裂陷盆地中央还出现一个延伸数百千米的裂隙喷发火山岩带^[25]。

鲁家坪组热水沉积碳硅质岩为区域上较稳定分布的高钡硅质岩建造, 具有固定层位和明显的沉积层理, 是区域上重要的含钡、重晶石层位之一。紫阳黄柏树热水沉积重晶石/毒重石含矿层的形成由下至上大致经历了硅质岩沉积→富钡热水沉积→(含胶磷矿结核)薄层硅质岩沉积。整个含矿岩系构成明显的海退系列, 而毒重石矿层处于深水相沉积(中厚层状硅质岩)与浅水相沉积(板岩、粉砂岩)的过渡位置, 形成于沉积物氧化—还原环境的界面及其附近^[24]。

2.2 志留纪成岩成矿流体过程及成矿效应

早志留世时, 地槽强烈沉降, 陆地和岛屿不断上升, 海陆高差加大, 海底变为半还原环境, 沉积中心北移至迭部—武都—旬阳一带, 以盆地相为主, 部分水体较深, 并具滞流特征。主要发育了一套富有机质的碳质、硅质、泥质沉积建造, 局部裂陷较深部位则发育中基性火山岩及热水沉积重晶石岩、钠长石岩、铁碳酸盐岩以及硫化物岩等建造。中晚志留世, 随着扬子板块向北运动, 南秦岭开始处于挤压应力场下, 大部分地区开始隆升, 局部发生拗陷。水体相对变浅, 浅海陆棚相碎屑岩—碳酸盐岩建造比较发育, 同时, 海底热水活动仍然继续发生, 形成了一系列硅岩型铅锌矿床。晚志留世, 盆地范围逐渐缩小, 变浅, 主要发育浅海至滨岸潮坪相砂质沉积体系, 该层位中未见热水沉积活动产物。

表 1 南秦岭热水沉积成矿层位、沉积建造及成矿元素组合特征

Tab. 1 Characteristics of Hydrothermal Sedimentary Mineralization Stratohorizon
Sedimentary Formation and Ore Forming Element Assemblage in South Qinling

成岩成矿序列	盆地	热水沉积层位		正常水成沉积建造	热水沉积建造	主要热水组分	成矿元素	典型矿床
泥盆纪钠长石角砾/铁白云石板岩金-铜矿床	凤县—镇安	上泥盆统下部	星红铺组下部	细碎屑岩	钠长角砾岩、铁白云石钠长石板岩、铁白云石板岩、硅化灰岩	Si、Na、Fe、Au	Au	二台子、双王、八卦庙
泥盆纪铁白云石硅质岩-铅锌(铜)矿床	西和	中泥盆统顶部	西汉水组上段	灰岩→千枚岩	硅质岩、硫化物岩、硅化灰岩	Si、Pb、Zn	Pb、Zn、(Cu)	邓家山、贡水河、毕家山
	凤太	中泥盆统顶部	古道岭组顶部	灰岩→千枚岩	硅质岩、铁碳酸盐硅质硫化物岩、铁白云石硅质硫化物岩	Si、Pb、Zn	Pb、Zn	铅硐山、八方山、银母寺
泥盆系硅质岩-钠长石岩-重晶石岩-铁白云石岩-铅锌(铜)矿床和金矿化	山阳—柞水	中泥盆统顶部	青石垭组	细碎屑岩	钠长石岩、钠长石板岩、钠长角砾岩、似碧玉岩、菱铁矿岩、重晶石岩、硫化物岩、绿泥石岩等	Na、Si、Pb、Zn、Cu、Ag、Fe、Ba	Pb、Zn、Cu、Ag、Fe、Ba	银洞子一大西沟、桐木沟
	西和	中泥盆统下部	安家岔组	细碎屑岩	重晶石岩、石英钠长石岩、硅质岩、硫化物岩	Na、Si、Pb、Zn	Pb、Zn	厂坝—向阳山矿田
志留系钠长石岩-铁碳酸盐岩-硅质岩-重晶石-铅锌矿床和金矿化	旬阳	中志留统	双河镇组	碎屑岩	硅质岩、硫化物岩、重晶石岩、铁白云石千枚岩	Si、Pb、Zn	Pb、Zn	南沙沟—泗人沟矿带
		下志留统	梅子垭组中上段	碎屑岩	硅质硫化物岩、钠长石岩	Si、Pb、Zn	Pb、Zn	红土坡—小沟矿带、西营—黄石板矿带
			梅子垭组下段	碳硅质岩	碳硅石岩、重晶石岩	Si、Ba	Ba	石梯
寒武纪碳硅质岩中重晶石矿床和金、铂族元素矿化	安康—平利—镇巴—武都	寒武系—奥陶系	洞河群	碳硅质岩、碎屑岩	碳硅质岩、重晶石岩、毒重石岩	Si、Ba	Ba	紫阳、平利
		寒武系	太阳顶群	碳硅质岩、板岩	碳硅质岩	Si、Au、PGE	Au、PGE	拉尔玛

志留纪海盆的热水沉积活动受盆地发展演化控制明显,盆地演化-盆地流体-流体成矿三者之间存在明显的动态耦合关系。早志留世梅子垭组时期,强烈的伸展背景下,热水沉积活动作用较强,在区内形成了多个热水沉积层位:从下至上主要有碳硅质岩→碳硅质岩、重晶石岩→钠长石岩→硅质硫化物岩→铁碳酸盐-硅质硫化物岩等多个热水沉积层位^[20-21]。局部层位已富集成工业矿床(表1)。热水组分类型从早到晚可划分为富硅型、富硅-钡型、富钠型和富硅-铅-锌型,同时梅子垭组金、锌、银、钡、汞、锑、砷等多种元素富集的“黑色岩系”矿源层的形成也可能与该时期热水活动有关。中志留世,盆地总体由伸展背景转为挤压背景,盆地开始抬升,局部发生拗陷,热水沉积活动主要形成中志留统双河镇组铅锌含矿层位,南沙沟—泗人沟铅锌矿带即位于其中。该层位热水沉积岩主要

以硫化物岩为主,伴生热水沉积铁碳酸盐岩、重晶石岩和硅质岩,热水组分类型为硅-铅-锌型。

综上所述,与早志留世相比,中志留世热水沉积活动层位、热水组分类型、热水沉积岩石类型、成矿效应等表现出明显减少的特点,反应了热水沉积成岩成矿作用强度的减弱,晚志留世至今未见有热水沉积活动产物的报道。

2.3 泥盆纪成岩成矿流体过程及成矿效应

秦岭造山带在志留纪末-泥盆纪初古地理格局发生重大变革,勉-略洋打开分离出秦岭微板块,在区域构造扩张背景下,由于伸展作用,从泥盆纪开始发育裂隙式地垒-地堑系复杂组合的构造格局^[31,33]。秦岭泥盆纪海域就是在这种特定的造山带动力学背景下形成,热水沉积岩形成于这种次稳定的环境中。泥盆纪海盆的成岩成矿流体过程受盆地的发展演化控制明显。泥盆纪从早到晚,裂

陷盆地有逐渐扩大、加深趋势,到晚泥盆世,为海侵最大时期。早泥盆世,北部礼县—柞水地区以及西和一镇安的部分地区未接受沉积,热水沉积活动最早出现在南部旬阳地区,公馆组中汞、锑、砷等多种元素富集的矿源层形成可能与此有关。

中泥盆世,地壳一定深度热异常活动渐渐加强,导致地壳受热、拉张、变薄以及地壳快速下沉作用,海侵面积逐渐扩大,海盆内堆积了一套巨厚的碎屑岩—碳酸盐岩次稳定型沉积建造,韵律复杂,旋回明显。沉积盆地中下伏巨厚沉积柱的发育及地壳一定深度的热异常活动为盆地热水对流系统发育成熟提供了有利条件,热水沉积活动在不同地区多个层位发育了富钠—硅、富铁镁碳酸盐—钡及硅酸盐等多种类型的水沉积岩和热水蚀变岩石^[12]。

中泥盆世最早热水沉积层位出现在泥盆系中带西和小区中泥盆统下部安家岔组细碎屑岩建造中,形成了富钠—硅—钡—铅—锌等多种元素的水沉积含矿层。该次热水活动组分复杂,成岩成矿效应显著,形成了有钠长石岩、钠长角砾岩、重晶石、方解石钠长石岩、硅质岩等多种热水沉积岩发育的厂坝超大型热水沉积铅—锌矿床^[1-2, 11]。西和小区再—次的水喷流活动出现在中泥盆统顶部西汉水组上段碳酸盐岩—细碎屑岩过渡部位的含矿层中,表现为较单一型的硅—铅—锌元素为主的水活动,形成了热水沉积硅质岩型邓家山等大、中型铅—锌矿床^[1, 2]。

凤县—镇安小区的热水沉积作用出现在中泥盆统古道岭组顶部灰岩与上泥盆统星红铺组底部千枚岩过渡层位的含矿层中,该次热水沉积活动的组分、产物以及形成环境等与邓家山含矿层中热水沉积活动类似,形成了铅硐山、八方山、银母寺等大、中型铅—锌矿床^[1, 2, 6, 14]。该区内再—次的水沉积活动发生在星红铺组下部细碎屑岩建造的含矿层中,为富硅—钠—金—(铁—镁)型热水,形成了金元素富集的钠长角砾岩、铁白云石钠长石板岩、铁白云石千枚岩、硅化灰岩等热水沉积岩,为金改造成矿提供了矿源储备^[17-18]。

北部山阳—柞水小区较强的热水沉积活动出现在中泥盆统中部池沟组细碎屑岩建造中,为较单一型富钠—硅—(铁—镁)的热水流体,形成的产物有似碧玉层纹钠长石岩、钠长角砾岩、铁白云石板岩等,同时该层位中还发育有热水蚀变黑云方柱石岩等,没有矿床产出。该区热水沉积成岩成矿作用

主要发生在中泥盆统顶部青石垭组细碎屑岩建造含矿层中。桐木沟含矿层较大西沟—银洞子稍早,热水组分较单一,为钠—硅—锌型,形成的热水沉积岩为较单一钠质岩类和硫化物岩类^[1, 9, 12]。形成大西沟—银洞子含矿层的热水流体为富钠—硅—铅—锌—铜—银—铁—钡等多种组分的复杂流体,形成的热水沉积岩类型多样,主要有钠长石岩、似碧玉岩、铁白云石钠长石岩、菱铁矿钠长石岩、黄铁矿—磁铁矿绿泥石岩、菱铁矿矿石、硫化物矿石、重晶石岩等热水沉积岩和黑云母方柱石岩等同生热水蚀变岩,同时形成了银洞子中型铅—锌、铜—银矿床和大西沟大型菱铁矿矿床^[1, 12-13]。

晚泥盆纪开始秦岭造山带处于由初始碰撞、残留洋盆格局向全面接触、残留海盆格局的演化时期,晚泥盆世未见强烈的热水沉积活动,但区域上开始出现明显可见的火山作用。

由此可见,伴随着盆地的发展和演化,从早泥盆—中泥盆世,随着盆地内沉积柱的不断加深,沉积柱中一定深度的热水循环系统逐步发育成熟,盆地内部的水沉积活动明显增强,表现为热水沉积活动层位增多、热水组分类型和热水沉积岩石类型复杂化、成矿效应明显等特点。到晚泥盆世,过渡为明显可见的火山作用^[34],表现了盆地内热流体随时间而加强的特征。

依据上述幕式流体活动时空关系、成矿效应等特征,可将南秦岭古生代同生沉积期幕式流体活动成岩成矿序列划分如表 1。

- (1) 寒武纪碳硅质岩中重晶石矿床和金、铂族元素矿化。
- (2) 志留系钠长石岩—铁碳酸盐岩—硅质岩—重晶石—铅锌矿床和金矿化。
- (3) 泥盆系硅质岩—钠长石岩—重晶石岩—铁白云石岩—铅锌(铜)矿床。
- (4) 泥盆纪铁白云石硅质岩—铅锌(铜)矿床。
- (5) 泥盆纪钠长石角砾—铁白云石板岩中金—铜矿床。

3 结语

南秦岭早古生代是扬子陆块北部被动大陆边缘,伸展背景下东西向裂陷海槽发育;晚古生代因勉略洋打开而从扬子北缘分离成为微板块,受古老隆起、基底断裂、同生断层等伸展构造影响,成为有多个不同性质二级盆地发育的多岛海域,并且主张

应力由南北向转化为东西向。新元古代—早古生代为主的双峰式火山岩、基性侵入岩等也很可能进一步指示了该时期南秦岭被动陆缘下的地幔热点活动背景。正是在这种具地幔热点活动和伸展构造背景的地堑式边缘海盆中,出现了明显的古海水温度、盐度及同位素组成等方面异常的热水沉积环境。

南秦岭古生界流体成矿作用最早可追溯到早寒武世,区域上从东到西形成了热水沉积型碳硅质岩中重晶石—毒重石矿床(紫阳、平利)及金、铂族元素矿化(拉尔玛)。早、中志留世继续发展,形成了钠长石岩、重晶石岩、铁碳酸盐岩、硅质岩与铅—锌、金矿床(南沙沟、泗人沟、红土坡、黄石板)。中泥盆世为本区最强烈的一次热水沉积活动,其规模大,分布广,热水沉积产物多样,形成泥盆系硅质岩—钠长石岩—重晶石岩—铁白云石岩中的铅锌(铜)矿床(银洞子—大西沟、桐木沟)、铁白云石硅质岩中铅锌(铜)矿床(铅洞山、八方山、邓家山)及钠长石角砾—铁白云石板岩中金—铜矿床(二台子、双王、八卦庙)。

参考文献:

[1] 祁思敬, 李 英. 秦岭泥盆系铅锌成矿带[M]. 北京: 地质出版社, 1993.

[2] 王集磊, 何伯堉, 李建中, 等. 中国秦岭型铅锌矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1996.

[3] 张复新. 铁白云石硅质岩的海底喷流沉积成因特征[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 1987, 17(3): 35 43.

[4] 薛春纪, 祁思敬, 梁文艺. 东秦岭中泥盆世成矿海盆中一类特殊岩石——黑云方柱岩[J]. 西安地质学院学报 1989, 11(1): 25 36.

[5] 张复新. 秦岭泥盆系中与铅锌矿化有关的喷流岩的识别与找矿[J]. 地质与勘探, 1989, 25(5): 11 16.

[6] 隗合明. 秦岭风太铅锌矿田的海底喷气类型及其空间分布规律[J]. 地质论评, 1990, 36(5): 394 403.

[7] 薛春纪, 朱文戈. 秦岭东段泥盆系中似碧玉层纹钠长石岩的发现及意义[J]. 西安地质学院学报, 1990, 12(4): 1 9.

[8] 李 英, 任名华. 西成古盆地热历史及热水沉积成矿系统[J]. 西安地质学院学报, 1993, 15(4): 97 102.

[9] 马国良, 薛春纪. 桐木沟矿床底板方解钠长石岩的热液沉积特征研究[J]. 西安地质学院学报, 1992, 14(3): 12 17.

[10] 薛春纪. 南秦岭泥盆纪同生热水沉积环境的沉积学及地球化学信息[J]. 西北地质, 1995, 16(4): 37 42.

[11] 马国良, 祁思敬, 李 英, 等. 厂坝铅锌矿床中钠长石岩的成因探讨[J]. 地质地球化学, 1998, 26(2): 29 33.

[12] 薛春纪. 秦岭泥盆纪热水沉积[M]. 西安: 西安地图出版社, 1997.

[13] 方维萱. 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.

[14] 方维萱. 陕西铅洞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.

[15] 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.

[16] 李 英, 祁思敬, 马国良, 等. 中国北方超大型热水沉积硫化物矿床基本特征及形成条件研究[J]. 西安工程学院学报, 1999, 21(4): 19 24.

[17] 张复新, 魏宽义. 南秦岭微细浸染型金矿床地质与找矿[M]. 西安: 西北大学出版社, 1997.

[18] 卢纪英, 李作华, 张复新, 等. 秦岭板块金矿床[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2001.

[19] 宋小文, 侯满堂, 朱经祥, 等. 陕西旬阳地区志留系铅锌矿矿集区特征及其成因初探[J]. 陕西地质, 2003, 21(1): 1 9.

[20] 薛春纪, 刘淑文, 李 强, 等. 南秦岭下古生界热水沉积成矿地球化学[J]. 地质通报, 2005, 24(10): 927 934.

[21] 刘淑文, 薛春纪, 曾 荣, 等. 南秦岭志留系铅锌矿床中硅质岩岩石学及地球化学[J]. 矿床地质, 2005, 24(5): 490 500.

[22] 郑明华, 周渝峰, 刘建明, 等. 喷流型和浊流型层控金矿床[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.

[23] 刘家军, 郑明华, 刘建明, 等. 西秦岭寒武系金矿床中硅岩的地质地球化学特征及其沉积环境意义[J]. 岩石学报, 1999, 15(1): 145 154.

[24] 吕志成, 刘丛强, 刘家军, 等. 北大巴山下寒武统毒重石矿床赋矿硅质岩地球化学研究[J]. 地质学报, 2004, 78(3): 290 406.

[25] 李晋僧, 曹宣铎, 杨家录, 等. 秦岭显生宙古海盆沉积和演化史[M]. 北京: 地质出版社, 1994.

[26] 梅志超, 崔智林, 孟庆任, 等. 秦岭早古生代沉积作用与构造演化[J]. 高校地质学报, 1995, 1(2), 30 36.

[27] 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 秦岭中晚元古代火山岩性质与前寒武纪大陆裂解[J]. 中国科学: D 辑, 1996, 26(3): 237 243.

[28] 夏祖春, 夏林圻, 张 诚. 北大巴山碱质基性—超基性潜火山杂岩的辉石矿物研究[J]. 西北地质科学, 1992, 13(2): 22 30.

[29] 张本仁, 高山, 张宏飞, 等. 秦岭造山带地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

[30] 张成立, 高山, 张国伟, 等. 秦岭早古生代碱性岩墙群的地球化学及其地质意义[J]. 中国科学: D 辑, 2002, 32(10): 819 829.

[31] 张国伟, 孟庆任, 于在平, 等. 秦岭造山带的造山过程及动力学特征[J]. 中国科学: D 辑, 1996, 26(3): 193 200.

[32] 赖绍聪, 张国伟, 杨永成, 等. 南秦岭勉县—略阳结合带蛇绿岩和岛弧火山岩地球化学及其大地构造意义[J]. 地球化学, 1998, 27(3): 283 293.

[33] 梅志超, 孟庆任. 秦岭造山带泥盆纪的沉积体系与古地理格局演化[J]. 古地志学报, 1999, 1(1), 33 40.

[34] 严 阵. 陕西花岗岩[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1985.