

# 秦岭旬阳盆地下古生界钠长石岩岩石学和地球化学特征

刘淑文<sup>1</sup> 薛春纪<sup>1</sup> 李 强<sup>1</sup> 朱经祥<sup>2</sup> 王 涛<sup>1</sup> 赵国斌<sup>1</sup>

(1. 长安大学成矿作用及其动力学国土资源部开放研究实验室 资源学院, 陕西 西安 710054;

2. 陕西地质调查研究院, 陕西 西安 725007)

**摘要:**热水沉积钠长石岩在南秦岭上古生界中颇具特点,与南秦岭众多的大型、超大型铅锌成矿关系密切。最近,在南秦岭旬阳盆地下古生界铅锌矿集区内的志留系梅子垭组地层中首次识别出一条近东西方向延伸长达 10 余千米的钠长石沉积岩带,与地层整合产出,渐变过渡,厚层块状、条带状、角砾状构造,均粒微-细晶结构、内碎屑结构;其化学成分以富含  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  及  $\text{Na}_2\text{O}$  为特征,富 Fe、Mn,贫 Co、Ni、Cu 等微量元素;该钠长石岩的  $\Sigma\text{REE}$ 、LREE、HREE 均较围岩偏低,具明显 Eu 亏损的特征。球粒陨石标准化配分曲线为右倾曲线。通过与秦岭泥盆纪热水沉积钠长石岩的岩相学及岩石化学对比,结合本区下古生界属于扬子北缘被动陆缘裂谷环境,初步认为这里下古生界钠长石岩可能属于热水沉积成因。

**关键词:**热水沉积;钠长石岩;南秦岭;旬阳盆地

**中图分类号:** P581 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2005)03-0424-10

Sedex 型矿床是世界铅锌储量的主要来源,经常伴有热水沉积岩是它们的重要特点之一。过去 20 年人们对于中国南秦岭泥盆系分布区内重要铅锌矿床的研究中,提出泥盆纪喷流沉积<sup>[1-3]</sup>或热水沉积序列<sup>[4-6]</sup>,钠长石岩是南秦岭泥盆纪热水沉积中很有特色的岩石类型,在认识矿床形成方式和明确找矿方向中发挥了重要作用<sup>[7-11]</sup>,但对于下古生界情况知之甚少。对于南秦岭钠长石岩的研究除热水沉积认识外,存在岩浆成因和后生热液交代<sup>[12]</sup>等不同认识。利用全岩 Rb-Sr 法获得该地区钠长石岩的形成年龄为古生代中期,柞水银洞子泥盆纪含矿岩系中似碧玉层纹钠长石岩年龄为  $(364.9 \pm 10.9) \text{Ma}$ <sup>[9]</sup>,厂坝超大型矿床泥盆纪含矿层中灰色黄铁矿钠长石岩年龄为  $(389.42 \pm 1.949) \text{Ma}$ <sup>[9]</sup>,东秦岭丹江中泥盆统牛耳川组钠长石岩年龄为  $(364.9 \pm 10.9) \text{Ma}$ <sup>[12]</sup>,可以肯定钠长石岩是南秦岭古生代重要地质过程的表现。最近,笔者在执行中国地质调查局科技项目勘查与研究中,在南秦岭旬阳盆地下古生界铅锌矿集区识别出一条近东西方向延伸长达 10 余千米的钠长石岩带,这对揭示南秦岭早古生代的富钠流体作用和成岩成矿过程、盆地构造及演化等具有重要意义。

## 1 钠长石岩产出的地质环境

### 1.1 区域构造演化

钠长石岩产于秦岭微板块东部的旬阳盆地内。秦岭微板块处于华北板块与扬子板块之间<sup>[13]</sup>,北以商丹缝合带为界,南以勉略弧形构造带为界(图 1)。秦岭微板块是从新元古代起,由扬子板块北缘孕育,早古生代扩张伸展,晚古生代随着勉略洋打开而独立于华北板块和扬子板块的独立板块。秦岭微板块具有晋宁运动中拼合而成的非统一基底,即华北型结晶基底陆块和扬子古老杂岩碎块,以及早中元古宙裂谷火山岩系组成的过渡基底,其上发育有震旦系及与之连续沉积的下古生界、上古生界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系和与之并列出现的热热水沉积岩系,沉积建造属于次稳定型,沉积海盆具有裂谷/裂陷性质<sup>[14]</sup>。下古生界与震旦系沉积连续,属于扬子北缘被动陆缘裂谷沉积,发育碳质硅质页岩和火山凝灰岩层,伸展背景下的火山活动及海底热水沉积较明显,沉降带东西展布在安康—双河一线。泥盆纪开始,秦岭微板块开始进入相对独立的发展与

收稿日期:2004-11-24;改回日期:2005-01-10

基金项目:中国地质调查局重点科技项目(200313000063)和教育部优秀青年教师资助计划项目资助。

作者简介:刘淑文,女,1964年生,博士生,讲师,从事矿床勘查方面的教学及研究工作;E-mail:liushuwen2003@yahoo.com.cn。

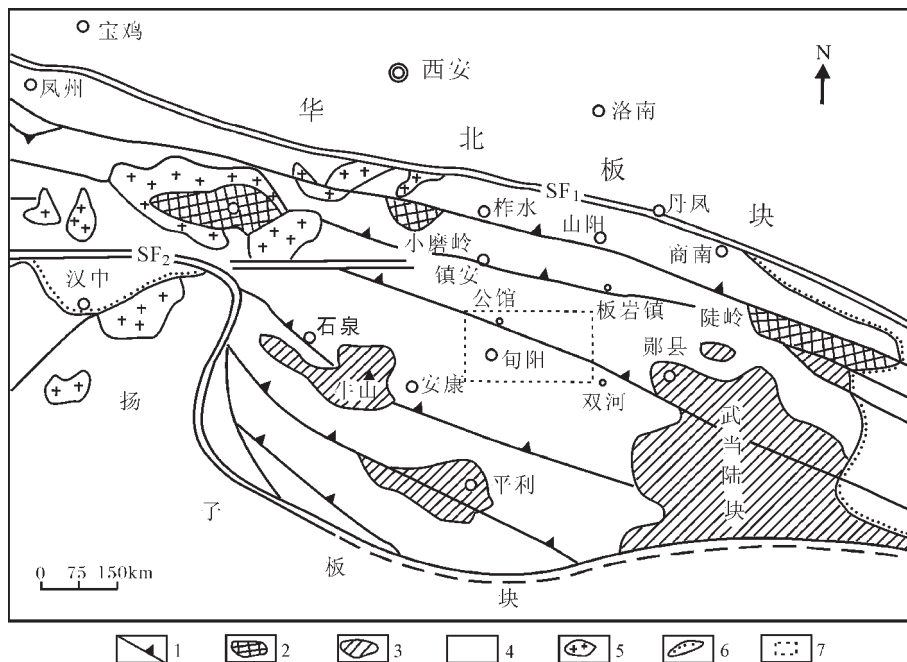


图 1 南秦岭(东部)区域地质环境<sup>[13]</sup>

SF<sub>1</sub>—商南—丹凤缝合带;SF<sub>2</sub>—勉县—略阳构造带;1—主要断裂系;2—结晶基底陆块;  
3—早中元古代过渡基底;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 map in the South Qinling (east part)<sup>[13]</sup>

SF<sub>1</sub>—Shangnan—Danfeng suture zone;SF<sub>2</sub>—Mianxian—Lueyang suture zone;1—Main faults;2—Metamorphic crystalline basement;  
3—Paleo- and Mesoproterozoic basement;4—Palaeozoic (including the Triassic in the west);5—Mesozoic granite;6—Cenozoic;7—Main study area

演化时期,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(图 1)。由于秦岭微板块北缘沿商丹构造带受到华北板块俯冲,南缘沿勉略带裂隙—扩张<sup>[10]</sup>,早古生代原安康—双河沉降带在晚古生代出现相对隆起,而在其北侧柞水—山阳一线出现沉降带。中生代开始华北和扬子两板块碰撞,古生代海盆水体自东而西退去,先后结束沉积,秦岭造山带形成,成岩成矿作用进入另一个重要时期。

岩浆作用也记录了南秦岭古生代的伸展背景。岩浆活动在紫阳—岚皋地区表现为早古生代碱性岩浆侵入<sup>[14]</sup>,在武当陆块形成主体顺层侵位的基性侵入岩群,锆石 U—Pb 年龄 401~407 Ma<sup>[15]</sup>,在勉略构造带内出现中生代蛇绿岩和岛弧火山岩<sup>[16]</sup>,这些均指示古生代曾发生过的岩石圈减薄的伸展过程。构造地质学和沉积学研究也在南秦岭揭示出古生代伸展构造<sup>[17]</sup>和伸展塌陷盆地<sup>[18]</sup>。这些事实很可能说明南秦岭古生代存在深部岩浆向上发生过底侵作用,古生代期间地幔岩浆上涌和地幔柱活动是明显的。

1.2 区域地层

旬阳盆地主要出露中下志留统、中泥盆统一套滨浅海相浅变质的细碎屑岩及碳酸盐岩沉积建造,钠长石岩产于下志

留统梅子垭组(图 2)。下志留统梅子垭组与下伏奥陶系连续沉积,由一套灰到深灰色粉砂千枚岩、含碳绢云千枚岩夹灰绿色凝灰质变砂岩、细砂岩条带组成,局部见灰黑色薄—厚层硅质岩、含碳硅质板岩,属于半封闭局限海盆——次深海沉积;目前在这套地层内发现包括麻坪、甘溪、韩氏沟、黄石板等小型矿床/点在的许多铅锌矿床。中志留统双河镇组与下伏梅子垭组整合接触,主要由灰—深灰色绢云千枚岩、灰黄—灰绿色粉砂质绢云千枚岩、深灰色中—厚层生物碎屑灰岩以及少量石英细砂岩和泥质粉砂岩组成,是本区重要的(泗人沟、关子沟、南沙沟)铅锌矿层产出层位(图 2);泥盆系下统由下部的砂砾岩、砂岩、粉砂岩和上部的白云岩、白云质灰岩组成,公馆、青铜沟等汞铋矿床产在上部白云岩和白云质灰岩中;中统主要是泥灰岩、泥晶灰岩夹石英砂岩;上统岩性主要是砂质灰岩。

海盆内古生界呈现出以大羊山复式背斜为代表的主体褶皱构造,褶皱轴近东西向展布(图 2),断裂构造呈弧形近东西走向,更多体现出造山期构造形迹。海盆沉积充填仅发生很弱的低级绿片岩相变质,未见岩浆岩体出露。

旬阳盆地有公馆和青铜沟两个特大型汞铋矿床,新近评价勘探了志留系中下统两个铅锌成矿层位,储量不断增

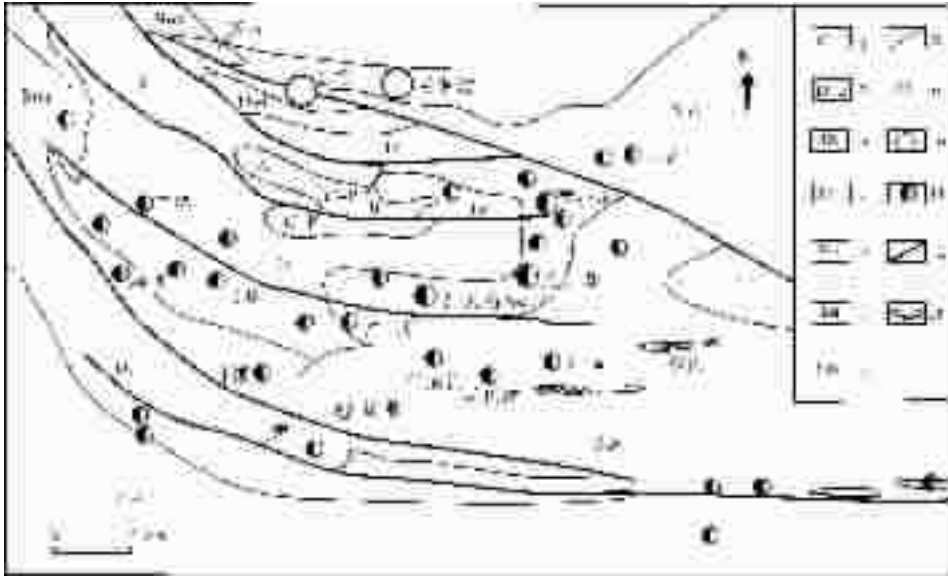


图2 旬阳盆地地质与矿产简图<sup>[19]</sup>

1—石炭系—二叠系;2—泥盆系—二叠系;3—上泥盆统;4—中—上泥盆统;5—中志留统双河镇组;6—中泥盆统;  
7—下志留统梅子垭组;8—地层界限;9—奥陶系;10—汞铋矿床;11—铅锌矿床;12—区域断裂;13—钠长石岩带

Fig. 2 Geology and distribution of ore deposits in the Xunyang basin<sup>[19]</sup>

1—Carboniferous-Permian;2—Devonian-Permian;3—Upper Devonian;4—Mid-Upper Devonian;5—Mid Silurian Shuanghezhen Formation;  
6—Mid Devonian;7—Lower Silurian Meizhiya Formation;8—Stratigraphic boundary;9—Ordovician;  
10—Hg-Sb deposit;11—Pb-Zn deposit;12—Regional fault;13—Albitite zone

加,矿床/点不断被发现(图2),使旬阳古生界盆地成为新的铅锌矿集区<sup>[19-21]</sup>。

## 2 钠长石岩岩石学

该套钠长石岩即产在梅子垭组中下部一套深海含碳细碎屑岩中。在旬阳盆地棕溪、关口、黄石板矿区有典型发育(图2)。西起旬阳棕溪一带,向东一直断续延伸至白河县黄石板一带,长达10余千米,厚几十厘米至80m不等,剖面上呈厚层状与围岩整合产出,同步变形,局部有穿层的现象。规模较小的钠长石岩呈扁豆状,沿走向岩性和岩相变化强烈,常为正常地层的泥质岩石、粉砂质岩石所取代,呈过渡关系。地表露头与围岩岩性差异较大,相对厚层、浅色、高能干、弱变形等鲜明特殊性使它同围岩明显不同,地表露头均表现为正地形(图4—1、图4—2)。

在东部黄石板矿区,该套钠质岩石作为含矿岩系的一部分,有多层产出。矿区勘探线剖面显示了在其深部与地层的整合产出,局部也有分支、复合的现象。黄石板矿区高家沟剖面,总体上显示了下部为深海含碳硅质泥质岩石,中部过渡为灰岩、大理岩、泥灰岩夹钠长石角砾岩、钠长石岩,上部则为含黑云母、石榴石的泥质岩石夹层纹条带状硫化物岩,不同岩层之间为整合渐变关系,产状 $193^{\circ}\angle 46^{\circ}$ ;剖面中钠长石

角砾岩与灰岩的接触部位不平整,局部起伏明显(图4—3),且灰岩中包卷层理、层间揉皱发育(图4—4),与钠长石岩接触部位大理岩化现象明显。

该套钠长石岩内部有明显的分层特点,通常块状钠长石岩位于中间层位,与两侧的钠长石角砾岩之间为渐变过渡关系。黄石板矿区钠长石岩剖面(图3)由下至上依次为,灰绿色粉砂质绢云母千枚岩→铁碳酸盐钠长石角砾岩→厚层块状钠长石岩→夹层纹状、条带状钠长石岩的绢云母千枚岩→下志留统梅子垭组( $S_1m$ )绢云母千枚岩;在棕溪一带,从下至上为灰绿色粉砂质绢云母千枚岩夹砂板岩→铁碳酸盐钠长石角砾岩→退色化粉砂岩→厚层块状钠长石岩→黑云母钠长石角砾岩→砂岩夹绿泥绢云母千枚岩,该套钠长石岩的总厚度为80余米,产状 $187^{\circ}\angle 53^{\circ}$ ,与围岩产状一致。

块状钠长石岩新鲜面为浅肉红色(图4—2),风化后为灰白色,厚层块状构造为主,其次为层纹条带状构造,均粒微晶—细晶结构为主(图4—5),棕溪一带有细晶—中粗晶结构钠长石岩产出。主要由钠长石和少量石英、方解石、铁白云石、电气石、黑云母、绢云母、绿帘石、金红石等组成。钠长石呈微晶半自形—自形,无磨圆,粒度 $0.01\sim 0.05\text{mm}$ ,多不显双晶结构,部分具有钠长石律和卡—钠复合律双晶,在岩石中含量为70%~75%(图4—5)。石英为微晶结构,粒度 $0.01\sim 0.05\text{mm}$ ,与

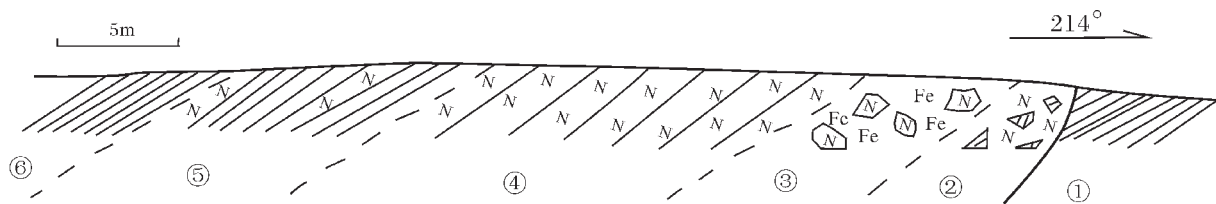


图 3 黄石板矿区钠长石岩剖面图

①—下志留统梅子垭组(S,m)千枚岩;②—千枚岩角砾岩,胶结物为钠长石;③—钠长石岩角砾岩,胶结物为铁碳酸盐;  
④—细晶块状钠长石岩;⑤—绢云母千枚岩,夹层纹状、条带状钠长石岩;⑥—下志留统梅子垭组(S,m)绢云母千枚岩

Fig. 3 Cross-section of albitite in the Huangshiban lead-zinc district

①—Phyllite in the Lower Silurian Meiziya Formation;②—Phyllite breccia with albite cement;  
③—Albitite breccia with iron-rich carbonate cement;④—Fine crystalline, massive albitite;

⑤—Sericite phyllite intercalated with banded and laminated albitite;⑥—Sericite phyllite of the Lower Silurian Meiziya Formation

表 1 南秦岭旬阳盆地钠长石岩主元素及部分微量元素成分

Table 1 Main element composition of albitite in Xuyang basin, south Qinling

样品号	样品性质	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	LOI*	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	S	Cu	Co	Ni
旬	BH-4	6.70	4.03	11.64	58.14	0.18	0.14	6.55	0.60	0.06	9.59	0.22	1.44	10.3	10.6	7.50	7.50
	BH-5	6.42	4.16	10.96	58.72	0.22	0.01	6.89	0.57	0.05	9.85	0.28	1.13	14.2	3.88	6.30	6.30
阳	B-12	7.18	3.70	12.67	59.35	0.12	0.16	6.03	0.64	0.04	8.57	0.25	1.10	9.01	1.31	11.0	11.0
盆	B-24	5.41	6.00	11.04	53.37	0.17	0.62	8.48	0.50	0.03	11.28	0.75	1.98	15.1	5.51	61.4	61.4
	B-13	9.14	2.08	18.15	63.05	0.09	0.32	0.31	0.79	0.02	1.31	1.59	2.51	34.7	13.6	31.2	31.2
地	B-15	6.87	2.94	15.28	67.30	0.12	1.65	0.35	0.87	0.03	0.70	0.81	2.42	8.15	11.8	41.1	41.1
	平均值	6.95	3.82	13.29	59.99	0.15	0.48	4.77	0.66	0.04	6.88	0.65	1.76		15.24	7.78	26.4
	柞水—山阳盆地 <sup>[1]</sup>	7.78	4.80	14.69	56.6	0.07	0.37	7.79	0.55	0.05		1.80	1.19				
	凤太盆地 <sup>[11]</sup>	7.12	1.72	17.62	62.66	0.16	1.72	2.46	0.66	0.03		0.9	0.95				
	西成盆地 <sup>[1]</sup>	6.48	0.48	15.04	59.76	0.10	1.02	0.43	0.19	0.04		0.08	1.00	13.26			
全球(黎彤, 1965)	沉积岩	1.13	2.65	13.39	57.95	0.13	2.86	5.89	0.57	0.06		3.47	2.08				

测试单位:中国地质科学院矿产资源研究所;主元素为 10<sup>-2</sup>,其中,Cu、Co、Ni 为 10<sup>-6</sup>;LOI\*:烧失量,包括 CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>、H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>等。

钠长石平衡共生,含量约 15%。岩石中的铁白云石呈半自形—自形菱面体,粒度 0.02~0.08 mm,呈星散状分布在岩石中,含量约 5%。电气石在钠长石岩中常见,呈半自形针状晶体,均匀分布在岩石中(图 4—6)。该钠长岩的矿物组合、均粒微细晶结构、层纹条带状构造等特点均可与南秦岭中泥盆世典型热水沉积钠长石岩<sup>[9]</sup>对比。

钠长石角砾岩具明显的角砾状构造,角砾以微晶钠长石岩为主,含少量的围岩角砾,角砾大小不一,一般为 5 mm×10 mm~10 mm×30 mm,无分选,无磨圆(图 4—7、图 4—8)。钠长石岩角砾的成分、结构构造与块状钠长石基本一致,风化后为灰白色。依据胶结物及结构构造的差异,将钠长石角砾岩分为两种岩石类型:黑云母钠长石角砾岩(图 4—7)和铁碳酸盐钠长石角砾岩(图 4—8)。黑云母钠长石角砾岩的角砾形态为竹叶状、椭圆状,定向性明显,与区域岩石片理、层理方向一致,胶结物以黑云母为主,有少量的蛭石及绿泥石,定向性

明显,风化面显灰黑色。后者角砾形态为棱角状,无定向,胶结物为含铁碳酸盐以及少量石英和黑云母,风化后呈褐黄色。

铁碳酸盐钠长石角砾岩可与南秦岭山阳—柞水盆地中泥盆世的钠长石角砾岩<sup>[9]</sup>对比,推测为一种热水喷发—沉积作用形成的同生角砾岩。而黑云母钠长石角砾岩为本区特有的一种岩石类型,微晶钠长石岩角砾定向性明显,具“内碎屑结构”的特点,推测热水沉积钠长石岩在没有完全固结状态下,由于海底动荡,热水活动,被打碎,经过近距离的搬运,形成定向性明显的同生沉积角砾岩,充填物黑云母则可能是由正常沉积的泥质岩石在一种较高的热背景环境下发生海底同生热蚀变所致。

钠长石岩的剖面结构也反映了钠质流体活动由弱到强,再逐渐减弱的过程,即先形成含大量围岩角砾的钠长石岩,渐变为以钠长石岩角砾为主含少量围岩角砾的钠长石角砾岩,喷发高峰期主要形成厚层块状钠长石岩,晚期弱的钠质



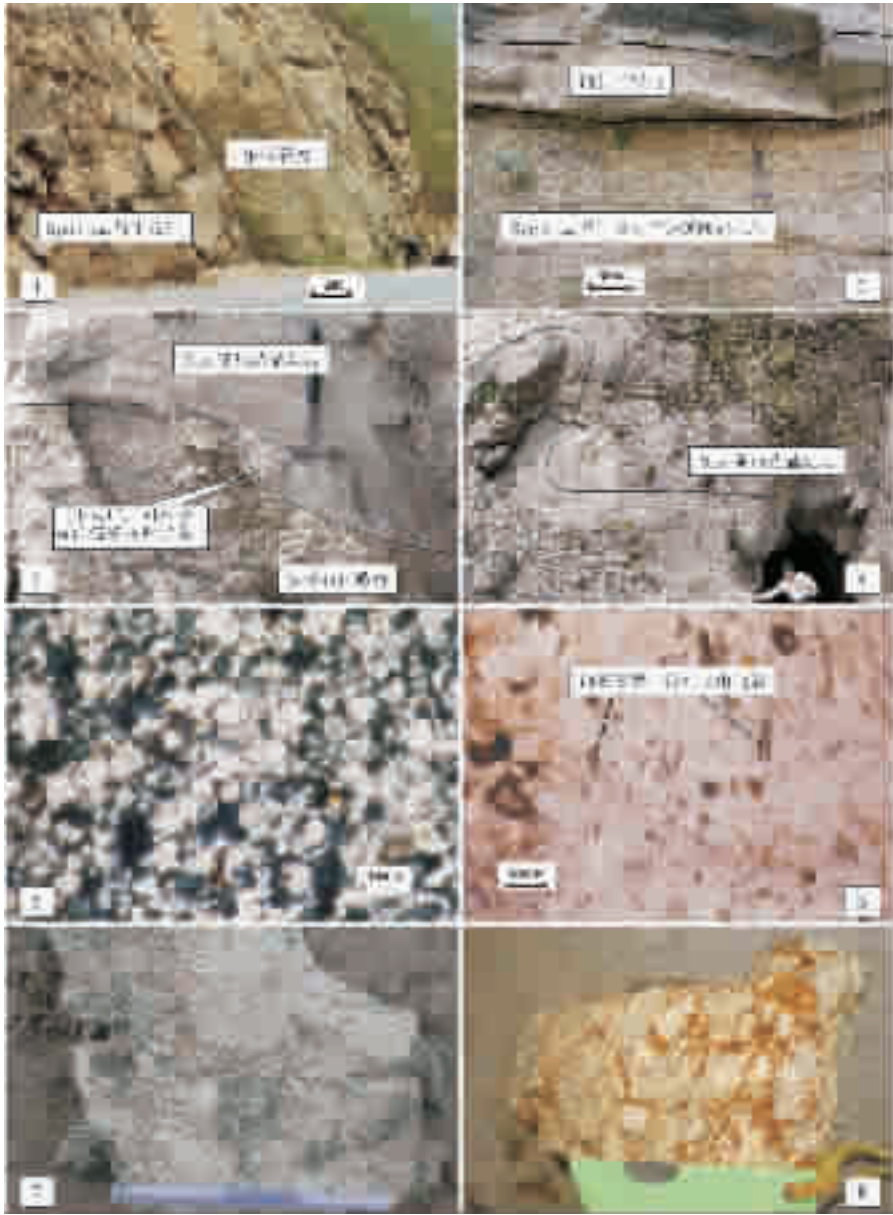


图 4 南秦岭志留系钠长石岩的产出状态和岩相

- 1—旬阳棕溪产于志留系梅子垭组千枚岩中的块状钠长石岩;2—旬阳关口镇钠长石板岩;3—黄石板矿区角砾状钠长石岩与上部条带状灰岩之间的不平整沉积接触界限;4—黄石板矿区角砾状钠长石岩上部变形结晶灰岩;5—细晶块状钠长石岩,主要由钠长石(70%)构成,具有微晶均粒结构(正交偏光);6—细晶块状钠长石岩中呈针柱状产出的电气石(单偏光);7—具内碎屑结构的黑云母钠长石角砾岩;  
8—铁碳酸盐钠长石角砾岩,风化后胶结物成黄褐色

Fig.4 Occurrence and facies of Silurian albitite in South Qinling

- 1—Field view of an outcrop of massive albitite occurring in phyllite of the Silurian Meiziya Formation in Zongxi Country, Xunyang;2—Field view of an outcrop of banded albitite slate in Guankou Township, Xunyang; 3—Uneven boundary between brecciated albitite and its overlying banded crystalline limestone in the Huangshiban ore district, Xunyang;4—Deformed crystalline limestone in the upper part of brecciated albitite in the Huangshiban ore district; 5—Finely crystalline massive albitite, composed predominantly of albite (70%), showing microcrystalline equigranular texture (crossed polarized light);6—Tourmalines with acicular-columnar texture in finely crystalline massive albitite (plane polarized light);7—Biotite-albite breccia with intraclastic texture; 8—Albitite breccia with cement of iron-rich carbonate minerals, and the cement becomes yellowish brown after weathering

表 2 旬阳盆地志留系地层及钠长石岩稀土元素成分/ $10^{-6}$   
Table 2 REE composition of the albittite of Silurian strata in the Xuyang basin

样品号	样品性质	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	$\Sigma$ REE	LREE	HREE	LREE/HREE	$\delta$ Eu	$\delta$ Ce
B-12	细粒钠长石岩	22.9	46.7	5.15	18.5	3.46	0.67	3.34	0.53	3.37	0.67	2.06	0.29	1.92	0.30	20.1	109.86	97.38	12.48	7.8	0.60	0.98
B-13	绿泥钠长石岩	39.9	76.3	9.12	32.5	5.99	1.31	5.13	1.07	4.07	1.01	2.58	0.60	2.66	0.58	21.7	182.82	165.12	17.70	9.3	0.71	0.91
B-15	黑云钠长石角砾岩	30.9	70.0	6.76	24.2	4.34	0.84	3.61	0.58	2.65	0.58	1.63	0.31	1.80	0.34	15.1	148.54	137.04	11.50	11.9	0.64	1.10
B-24	钠长石角砾	29.4	58.4	6.92	26.1	5.35	1.20	5.51	0.91	5.27	1.12	3.15	0.46	2.59	0.41	33.2	146.79	127.37	19.42	6.6	0.68	0.94
2002xt3	钠长石角砾岩	43.0	77.0	5.82	31.4	5.30	1.02	4.83	0.73	4.93	0.97	2.80	0.38	2.37	0.34	21.0	180.89	163.50	17.35	9.40	0.61	1.012
2002xt1	绢云片岩	43.6	82.8	7.04	32.1	6.34	1.14	5.5	0.97	6.12	1.12	3.37	0.5	2.98	0.45	25.2	194.03	173.02	21.01	8.2	0.58	1.02
2002xt2	蛭石化绢云片岩	44.1	69.7	6.6	31.5	6.27	1.32	5.81	0.97	6.41	1.25	3.67	0.51	3.18	0.48	27.7	181.77	159.49	22.28	7.2	0.66	0.87
2002xt5	粉砂质千枚岩	62.0	105	9.14	40.9	7.60	1.77	7.31	1.12	7.33	1.40	3.94	0.59	3.62	0.57	30.5	252.29	226.41	25.88	8.7	0.72	0.93
2002xt6	石英粉砂岩	58.1	114	9.30	42.0	9.43	1.70	7.55	1.29	7.69	1.44	4.27	0.64	3.96	0.61	32.5	261.98	234.53	27.45	8.5	0.60	1.06
2002xt7	铁白云石千枚岩	45.0	77.4	6.60	31.6	6.20	1.27	5.37	0.84	5.25	0.99	2.95	0.42	2.63	0.4	21.9	186.92	168.07	18.85	8.9	0.66	0.95
南沙沟 4	千枚岩	44.9	79.6	10.8	35.4	7.19	1.79	5.69	0.88	5.58	1.21	3.42	0.44	2.73	0.40	26.0	200.03	179.68	20.35	8.8	0.83	0.83
剖面 6	千枚岩	54.2	91.5	12.9	40.0	7.55	1.43	5.68	0.87	5.04	1.04	3.03	0.40	2.23	0.34	22.1	226.21	207.58	18.63	11.4	0.65	0.79
泗人沟 10 <sup>②</sup>	含碳千枚岩	43.5	78.2	10.4	34.3	6.05	1.14	4.18	0.73	4.25	0.89	2.62	0.41	2.52	0.38	24.7	189.57	173.59	15.98	10.9	0.66	0.84

注:样品号为南沙沟 4、剖面 6、泗人沟 10(宜昌地质矿产研究所 X-荧光光谱分析)的引自郑三忠 1996 年资料;样品号为 B-12、B-13、B-15 及 B-24 的由中国地质科学院矿产资源研究所等离子质谱分析;其他由陕西地矿局综合岩矿测试中心分析。

流体活动,仅形成与千枚岩互层的层纹条带状钠长石岩。

### 3 钠长石岩地球化学

#### 3.1 钠长石岩岩石化学

本区钠长石岩的化学成分(表1)主要为SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O,其次为CaO、MgO及FeO。该组成与世界正常海相沉积岩成分明显不同,表现为Na<sub>2</sub>O的显著富集,代表陆源组分的K<sub>2</sub>O含量明显低于正常沉积岩,以及FeO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>比值大于1等特征。与钠长石矿物以及南秦岭柞水—山阳盆地、凤太盆地以及西成盆地的典型热水沉积钠长石岩成分相近。本区的钠长石岩为不纯的钠长石岩或钠长石角砾岩,除钠长石、石英外,还含有一定量的其他自生矿物如白云石、铁白云石、铁方解石以及正常水成沉积物绢云母等,导致了细粒钠长石岩中富含一定的CaO、MgO。此外,钠长石角砾岩中的胶结物可能主要为正常的水成沉积物的热蚀变产物,如绿泥石、黑云母等矿物,导致了FeO含量的相对增高。

根据Bostrom(1983)提出的热液沉积物与水成沉积物的元素组成特点,在Fe—Mn—(Cu+Co+Ni)×10三角图(图5)上有明显的集中区,本区钠长石岩类的投影点均落在热液沉积区内。原因是热液沉积物沉积速率较快,没有时间与海水充分作用而富集Co、Ni、Cu等微量元素。

#### 3.2 钠长石岩的稀土元素地球化学

旬阳志留系中钠长石岩及水成沉积岩的稀土元素成分(表2)和REE配分模式(图6~7)表明,钠长石岩稀土元素的ΣREE变化在109.86×10<sup>-6</sup>~182.82×10<sup>-6</sup>之间,平均为153.78×10<sup>-6</sup>,而围岩地层中的浅变质碎屑岩类ΣREE变化在181.77×10<sup>-6</sup>~261.98×10<sup>-6</sup>,平均为211.66×10<sup>-6</sup>;钠长石岩的LREE值为97.38×10<sup>-6</sup>~165.12×10<sup>-6</sup>,平均为138.08×10<sup>-6</sup>,而围岩LREE值为159.49×10<sup>-6</sup>~234.53×10<sup>-6</sup>,平均为190.30×10<sup>-6</sup>;钠长石岩

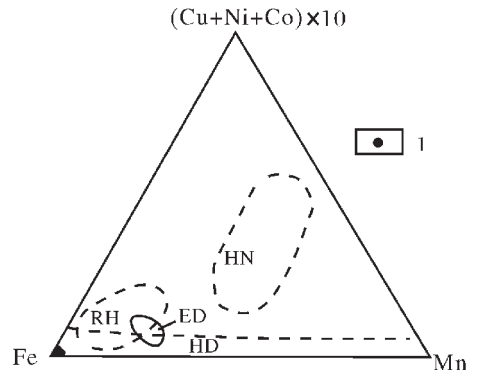


图5 Fe—Mn—(Cu+Ni+Co)×10图解(据K.Bostrom,1983)  
1—旬阳盆地钠长石岩;HN—水成沉积物区;HD—热液沉积物区;  
RH—红海热液沉积物区;ED—东太平洋中脊热液沉积物区  
Fig.5 Fe—Mn—(Cu+Ni+Co)×10 diagram (after Bostrom, 1983)  
1—Albitite of the Xunyang basin;HN—hydrogenous sediment area;  
HD—hydrothermal sediment area;RH—hydrothermal sediment area of the Red Sea;ED—hydrothermal sediment area of the East Pacific Ocean

的HREE值为11.50×10<sup>-6</sup>~19.42×10<sup>-6</sup>,平均为15.69×10<sup>-6</sup>,而围岩HREE值为18.85×10<sup>-6</sup>~27.45×10<sup>-6</sup>,平均为21.30×10<sup>-6</sup>;表明钠长石岩的稀土元素总量、轻稀土、重稀土均较围岩偏低。两者LREE/HREE比值平均值分别为8.80和8.93,比较接近,配分曲线明显右倾,均表现为明显的轻稀土富集型;围岩地层中δEu平均值0.67,与元古宙—三叠纪以来的正常沉积岩的δEu(0.67±0.005)相等,钠长石岩δEu变化为0.71~0.61,平均为0.65,与围岩δEu值(0.67)接近,两者均表现为明显的Eu亏损;钠长石岩δCe变化0.94~1.1范围,平均为0.99,

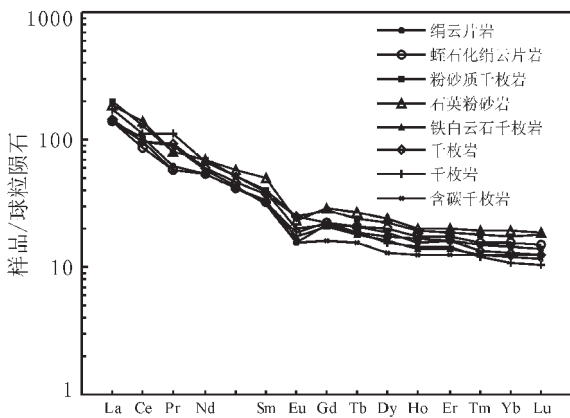


图6 旬阳盆地志留系地层稀土元素模式图

Fig. 6 Chondrite-normalized REE patterns of Silurian strata in the Xuyang basin

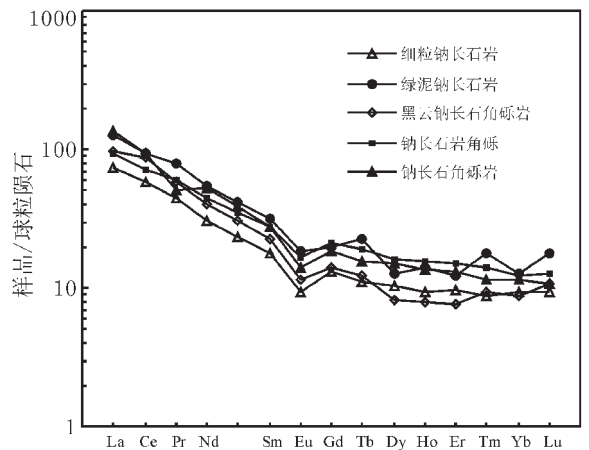


图7 旬阳盆地钠长石岩类稀土元素模式图

Fig. 7 Chondrite-normalized REE patterns of albitite in the Xuyang basin

围岩为 0.82~1.01,平均为 0.91,均无明显亏损。

## 4 讨论与结论

综合上述钠长石岩的岩石学和地球化学特征, 本区钠长石岩虽与地层整合产出, 渐变过渡, 但以其相对厚层、浅色、高能干、弱变形等鲜明特殊性使它与正常水成沉积岩明显不同。块状钠长石岩的矿物组合、均粒微细晶结构、层纹条带状构造等特点均可与南秦岭中泥盆世典型热水沉积钠长石岩对比<sup>[9]</sup>; 铁碳酸盐钠长石角砾岩可与南秦岭山阳—柞水盆地中泥盆世的钠长石角砾岩对比(表 1)<sup>[9]</sup>, 推测为一种热水喷发→沉积作用形成的同生角砾岩; 角砾主要为热泉沉积物破碎而来, 胶结物为热液沉积铁碳酸盐矿物。黑云母钠长石角砾岩为本区特有的一种岩石类型, 微晶钠长石角砾定向性明显, 具“内碎屑结构”的特点, 推测热水沉积的钠长石岩在没有完全固结状态, 由于海底动荡被打碎, 经过近距离的搬运, 形成定向性明显的内碎屑沉积角砾岩, 填隙物黑云母则是由正常沉积的泥质岩石在一种较高的热背景环境下发生海底同生热蚀变所致。黄石板剖面中钠长石角砾岩与灰岩的接触部位不平整, 局部起伏明显, 且灰岩中包卷层理、层间揉皱发育, 与钠长石岩接触部位大理岩化现象明显, 反映了钠质岩石沉积时为一种海底动荡, 地形复杂的大陆斜坡环境。

该钠长石岩化学组成以富含  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  为特征, 与柞山—山阳盆地、凤太盆地以及西成盆地的典型热水沉积钠长石岩类似(表 1), 含量十分接近, 陆源代表组分  $\text{K}_2\text{O}$  含量明显低于正常沉积岩。在  $\text{Fe—Mn—(Cu+Co+Ni)} \times 10$  三角图上(图 5), 本区钠长石岩类的投影点均落在热液沉积区内。

钠长石岩的  $\Sigma\text{REE}$ 、 $\text{LREE}$ 、 $\text{HREE}$  均较围岩低, 但两者稀土配分曲线模式和  $\text{LREE/HREE}$  比值却十分接近, 并且均具明显  $\text{Eu}$  亏损、 $\text{Ce}$  无明显亏损以及稀土配分曲线右倾特点。暗示了钠长石岩与下伏地层柱之间的物质联系。

综合以上地质产状、岩石学、某些地球化学特点, 岩石沉积特征较明显, 但又不同于正常的水成沉积, 可与秦岭泥盆纪热水沉积钠长石岩对比, 结合本区下古生界属于扬子北缘被动陆缘裂谷沉积体系, 碳质硅质页岩、火山凝灰岩和热水沉积硫化物岩发育, 伸展背景下的海底火山、热水沉积较明显的特点, 初步认为这里下古生界钠长石岩可能属于热水沉积成因, 即海水沿同生断裂向下渗透, 被加热并和基底富钠质岩石(武当群、耀岭河群为一套富钠质的浅变质沉积火山岩系)以及所流经的地层柱发生面型淋滤, 经热液通道喷发出海底形成层块状、层纹状、角砾状钠长石岩。该套钠长石岩可能代表了南秦岭古生代钠质流体热水沉积活动的开始, 泥盆纪为南秦岭古生代钠质流体活动的高峰时期, 它们共同记录了南秦岭钠质流体演化的历史。

## 参考文献(References):

[1] 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.

Zhang Fuxin. Identification and prospecting of eruptive rock related with lead-zinc mineralization of Devonian system in Qinling[J]. Geology and Prospecting, 1989, 25(5): 11~16(in Chinese with English abstract).

[2] 祁思敬, 李英, 隗合明, 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(Copper) Ore Deposits of Hydrothermal Sedimentary Type in Qinling Mountain [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993 (in Chinese with English abstract).

[3] 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 Chunji. Hydrothermal Sediment of Devonian Period in Qinling, China[M]. Xi'an: Xian Cartographic Publishing House, 1997. 85~122 (in Chinese).

[4] 薛春纪, 祁思敬, 郑明华, 等. 热水沉积研究及相关科学问题[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(3): 155~163.

Xue Chunji, Qi Sijing, Zheng Minghua, et al. Hydrothermal sediment research and associated scientific problems [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2000, 19(3): 155~163(in Chinese with English abstract).

[5] 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): 437~438.

Fang Weixuan, Lu Jiying. Genesis and characteristics of hydrothermal sedimentary facies for siderite-silver-polymetallic deposits in Yingdongzi and Daxigou, Shaanxi, China [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(3): 437~438(in Chinese with English abstract).

[6] 方维萱, 张国伟, 胡瑞忠, 等. 秦岭造山带泥盆系热水沉积岩的亚相和微相划分及特征[J]. 地质与勘探, 2001, 37(2): 50~54.

Fang Weixuan, Zhang Guowei, Hu Ruizhong, et al. On classifications and characteristics of the Devonian hydrothermal sedimentary facies in the Qinling orogen[J]. Geology and Prospecting, 2001, 37(2): 50~54(in Chinese with English abstract).

[7] 祁思敬, 李英, 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, et al. Lead-Zinc Metallogenic Belt of Devonian System in Qinling Mountains [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993. 187~216 (in Chinese).

[8] 祁思敬, 李英. 南秦岭晚古生代海底喷气—沉积成矿系统[J]. 地学前沿, 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. 中国北方超大型热水沉积硫化物矿床成矿模式[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16(3): 155~158.

Qi Sijing, Li Ying. Metallogenic model for super-large type sedimentary hydrothermal(SEDEX) sulfide ore deposits in North China [J]. Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry, 1997, 16(3): 155~158(in Chinese with English abstract).



- [10] 张复新,魏宽义,等.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,1997.1~98.  
Zhang Fuxin, Wei Kuanyi, et al. Geology and Exploration of Jinlongshan Microscopic Disseminated Gold Deposit in South Qinling [M]. Xi'an: Northwest University Press, 1997.1~98 (in Chinese with English abstract).
- [11] 梁华英,王秀璋,程景平.陕西双王钠长石岩特征及金矿床形成期次分析[J].大地构造与成矿学,2000,24(4):350~356.  
Liang Huaying, Wang Xiuzhang, Cheng Jingping. Characteristics of gold-hosted stratabound albitite and forming stages of Shuangwang gold deposit in Shaanxi Province [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2000, 24(4): 350~356 (in Chinese with English abstract).
- [12] 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):122~127.  
Li Yong, Su Chunqian, Li Jiqing. Characteristics and genesis of the albitite in the east Qinling orogenic belt [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 1999, 18(2): 122~127 (in Chinese with English abstract).
- [13] 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 Orogenic Belt and Continental Dynamics [M]. Beijing: Science Press, 2001.501~580 (in Chinese with English abstract).
- [14] 黄月华,任有祥,夏林圻,等.北大巴山早古生代双模式火山岩套:以高滩辉绿岩和嵩坪粗面岩为例[J].岩石学报,1992,8(3):243~256.  
Huang Yuehua, Ren Youxiang, Xia Linqi, et al. Early Paleozoic bimodal igneous suite on the northern Dabie Mountains - Gaotan diabase and Haoping trachyte as examples [J]. Acta Petrologica Sinica, 1992, 8(3): 243~256 (in Chinese with English abstract).
- [15] 胡健民,赵国春,孟庆任,等.武当地块基性侵入岩群的地质特征与构造意义[J].岩石学报,2003,19(4):601~611.  
Hu Jianmin, Zhao Guochun, Meng Qingren, et al. The geological features and tectonic significances of the basic swarms in Wudang Terrain of Qinling Orogen [J]. Acta Petrologica Sinica, 2003, 19(4): 601~611 (in Chinese with English abstract).
- [16] 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.  
Lai Shaocong, Zhang Guowei, Yang Yongcheng, et al. Geochemistry of the ophiolite and island arc volcanic rock in the Mianxiang-Lueyang Suture Zone, southern Qinling, and their tectonic significant [J]. Geochemica, 1998, 27 (3): 283~293 (in Chinese with English abstract).
- [17] 胡健民,孟庆任,白武明,等.南秦岭构造带中—晚古生代伸展构造作用[J].地质通报,2002,21(8-9):471~477.  
Hu Jianmin, Meng Qingren, Bai Wuming, et al. Mid-Late Paleozoic extension of the Wudang block in the south Qinling tectonic belt, China [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(8-9): 471~477 (in Chinese with English abstract).
- [18] 孟庆任.秦岭晚古生代沉积作用、盆地发展和构造演化[D].西安:西北大学博士论文,1994.  
Meng Qingren. Late Paleozoic sedimentation, basin and tectonic evolution in Qinling [D]. Xi'an: Thesis for doctor's degree of Northwest University (in Chinese with English abstract). 1994.
- [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.  
Song Xiaowen, Hou Mantang, Zhu Jingxiang, et al. The genesis and the lead-zinc mineralized zone in the Silurian System in Xunyang area of Shaanxi Province [J]. Geology of Shaanxi, 2003, 21(1): 1~9 (in Chinese with English abstract).
- [20] 薛春纪,刘淑文,王涛,等.南秦岭下古生界铅锌矿床成矿环境[A].见:刘建明主编.矿床学理论与实践 [C].北京:科学出版社,2004.58~67.  
Xue Chunji, Liu Shuwen, Wang Tao, et al. The metallogenic environment of Pb-Zn ore deposit in the Lower Paleozoic in South Qinling [A]. In: Liu Jianming (ed.). The Theory and Practice of Mineral Deposit [C]. Beijing: Science Press, 2004.58~67 (in Chinese).
- [21] 郑三忠.陕西旬阳古盆地铅锌矿床地质及地球化学特征[D].西安:西安地质学院硕士论文,1996.  
Zheng Sanzhong. Research on Geology and Geochemistry of lead-zinc deposit in Xunyang basin, Shaanxi [D]. Xi'an: Thesis for master's degree of Xi'an Geological Institute, 1996 (in Chinese with English abstract).

## Geology and geochemistry of Lower Paleozoic albitite in the Xunyang basin, South Qinling

LIU Shu-wen<sup>1</sup>, XUE Chun-ji<sup>1</sup>, LI Qiang<sup>1</sup>, ZHU Jing-xiang<sup>2</sup>, WANG Tao<sup>1</sup>, ZHAO Guo-bin<sup>1</sup>

(1. *Open Laboratory of Mineralization and Its Dynamics of the Ministry of Land and Resources,*

*Institute of Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;*

*2. Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China)*

**Abstract:** Hydrothermal sedimentary albitite in the Upper Paleozoic in the South Qinling is closely related to many large-superlarge lead-zinc deposits in the south Qinling orogenic belt. Recently, a nearly E-W-striking, over 10 km long albitite zone has been recognized for the first time in the Lower Silurian Meiziya Formation in a Lower Paleozoic lead-zinc ore deposit concentration area of the Xunyang basin, South Qinling. It shows a conformable contact and gradational relationships with the country rocks and has thick-bedded and massive, banded, brecciated structures and fine and very fine equigranular and intraclastic textures. It is chemically characterized by enrichment in  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{Na}_2\text{O}$  and is rich in the trace elements Fe and Mn and poor in the trace elements Co, Ni and Cu. Its  $\Sigma\text{REE}$ , LREE and HREE are lower than those of the country rocks and exhibit pronounced Eu depletion. The chondrite-normalized REE distribution patterns are inclined to the right. In comparison with the petrography and petrochemistry of hydrothermal sedimentary albitite in the Devonian of the Qinling, combined with the fact that its Lower Paleozoic belongs to a passive continental-margin rift environment on the northern margin of the Yangtze plate, the authors think that the Lower Paleozoic albitite in question is probably of hydrothermal sedimentary origin.

**Key words:** hydrothermal sedimentation; albitite; South Qinling; Xunyang basin

---

**About the first author:** LIU Shu-wen, female, born in 1964, doctoral candidate, lecturer, engages in teaching and research on mineral exploration; E-mail: liushuwen2003@yahoo.com.cn.