

# 扬子地台北缘南郑马元—宁强阳平关沉积盆地 沉积构造事件与海平面变化响应

唐永忠<sup>1</sup> 石尊应<sup>1</sup> 高荣虎<sup>1</sup> 朱增伍<sup>1</sup> 刘利民<sup>2</sup> 马 林<sup>3</sup>

(1.陕西地质调查院,陕西 西安 710054;2.陕西地质一队,陕西 安康 725000;3.陕西旬阳国土资源局, 陕西 旬阳 725700)

**摘要:**位于扬子地台北部被动边缘的南秦岭南郑—阳平关一带古生代沉积盆地,发育一套早古生代—中生代碳酸盐岩夹细碎屑岩沉积,沉积构造及岩相清晰。通过对区内沉积盆地地层特征及侧向变化分析,初步划分出了 6 个层序,识别出若干个沉积体系域和层序界面。盆地沉积演化与构造体制、区域性构造运动密切相关,构造活动控制了海平面变化。近几年来,在南郑马元一带震旦系灯影组白云岩中,发现了近百千米的“马元型”铅锌矿带,因此,通过区域地层格架分析和层序地层学研究,进一步研究区域构造活动历史,恢复海平面变化细节,建立岩石地层格架,从微观上准确了解区域海平面敏感变化,从而更好地预测沉积矿产。

**关键词:**扬子地台北缘;沉积盆地;构造活动;海平面变化;马元铅锌矿

**中图分类号:**P539.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2011)01-0052-13

南秦岭南部南郑马元—宁强阳平关一带古生代沉积盆地位于扬子地台北部被动边缘,主要由区域性阳平关—勉县断裂以南、汉南穹隆以北的南郑—宁强古生代沉积盆地构成,主要发育一套早古生代—中生代碳酸盐岩夹细碎屑岩沉积,其沉积建造稳定,沉积构造清晰,是研究海平面变化与沉积响应较为理想的地区(图 1)。前人对该区域有关的地质及矿产资源进行过一些研究<sup>[1-11]</sup>,本文试图从沉积盆地的沉积构造事件与海平面变化响应方面做一些探讨,从而更好地预测沉积矿产。

## 1 区域古构造古地理格局

扬子地台在近 25 亿年漫长的地质演化过程中,主要经历了前南华纪基底形成演化阶段、南华纪至中三叠世地台陆表海演化阶段以及晚三叠世以来的大陆板内演化阶段。

新太古代至古元古代,原始陆核生长和早前寒武纪结晶基底形成。形成的最古老岩石是后河岩组、

鱼洞子岩群、佛坪岩群。主体是一套以表壳岩为主,部分具有 TTG 岩套和少量孔兹岩特征的岩石建造类型。在古元古代末期(1800 Ma 左右)吕梁运动,这些孤立地块及其增生沉积物可能经历了以高地热梯度为特征的高温塑性流变、区域动力热流变质、混合岩化和花岗岩化等构造热事件。使分散的陆核(地块)相互连接并与华北地壳粘连在一起,形成不稳定的统一的原始薄陆壳(华南板块结晶基底)。

在中元古代至新元古代早期,平行于扬子陆块西北缘经历了北东向的裂解扩张、俯冲闭合完整的板块构造活动过程。碧口岩群、盐边岩群、黄水河岩群这三套岩群代表了当时存在于扬子陆块西北缘地区的海槽系统。中元古代至新元古代早期形成的都是裂解扩张的裂谷系统,随着裂解深度加深,扩张幅度加大,裂解海槽洋盆化,其中以碧口岩群、盐边岩群所代表的海槽最为典型,规模最大,裂解最深,构成长门—红河洋盆的主体。并斜贯于扬子陆块西北缘,成为分隔上扬子陆块与木里—若尔盖陆块的主

收稿日期:2010-06-01;改回日期:2010-09-03

基金项目:中国地质调查局陕西喜神坝—大河坝地区矿产远景调查项目(矿调[2004]9-3号、1212010781067)资助。

作者简介:唐永忠,男,1965年生,高级工程师,主要从事矿产地质勘查及盆地研究工作;E-mail:625879916@qq.com。

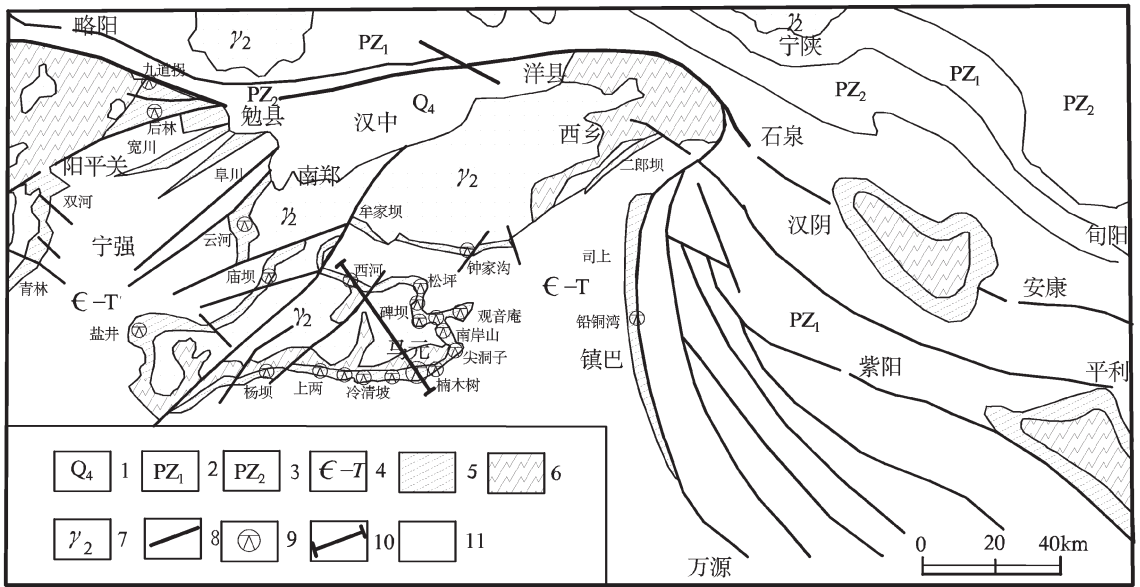


图 1 扬子北缘地质构造及铅锌矿带分布图

1—第四系;2—早古生界;3—晚古生界;4—寒武系—三叠系;5—震旦统灯影组铅锌赋矿层位;6—前震旦系基底变质火山岩系;7—扬子期花岗岩;8—区域性深大断裂;9—铅锌矿点;10—剖面位置;11—研究区范围

Fig.1 Geological structure of the north margin of Yangtze Platform and distribution of lead-zinc metallogenic belts

1—Quaternary 2— Upper Paleozoic;3— Lower Paleozoic;4— Cambrian—Triassic;5— Ore-bearing horizon of Upper Sinian Dengying Formation;6— Presinian metamorphic volcanic rock basement;7— Yangtze granite;8— Regional deep fault;9—Lead-zinc ore spot;10—Profile position;11— Study area

海槽系。在中元古—青白口纪中晚期,以碧口岩群、盐边岩群为代表的龙门—红海槽可能间歇性向东(东南)俯冲,代表了俯冲消减的前弧和海沟;青白口纪末上扬子陆块与木里—若尔盖陆块缝合,海水退出,形成泛扬子古陆。

新元古代早期的晋宁运动促使龙门山—红河(碧口—平武—盐边)海槽向东消减,海槽封闭,海水退出。晋宁运动使秦岭和扬子造山形成褶皱基底,奠定北东走向古华夏构造域和东西走向古亚洲构造域格架。岩层变质变形,形成区域低温动力变质和北东走向的全形褶皱和逆冲、推覆<sup>[2]</sup>。

南华纪至志留纪扬子地台演化期:晋宁运动使海水退出,华南与华北拼接,扬子与秦岭造山,隆升剥蚀。震旦纪至志留纪,扬子海盆及其沉积物总体受基底控制,以司上一小洋坝断裂为界分东西两大块体,西部汉南米仓山地区属川西过渡型基底,盆地相对稳定。震旦纪经南华纪剥蚀夷平之后,地面已逐渐趋于平坦。自灯影期开始,海水自西南(龙门山)和东南(镇坪)两个方向侵入,形成海进层序。震旦纪为

滨—浅海相(稳定型)沉积。陆源碎屑岩—隐藻碳酸盐岩沉积,含铅锌矿。

早、中寒武世—中奥陶世,震旦纪沉积之后扬子海盆有一次抬升,部分地区露出水面。中奥陶世至早志留世扬子海盆下降,岩相稳定变化不大,盆地基底仍然表现为差异性升降。早古生代末期的加里东运动,随着北秦岭汇聚、碰撞造山,扬子海盆海水退出,整体隆升,经受剥蚀和准平原化。

泥盆纪至早三叠世扬子海盆古特提斯后陆盆地演化期:中志留世至晚泥盆世,全区处于隆升剥蚀状态。二叠纪早期梁山期,形成海陆交互相滨岸沼泽相。东吴运动曾一度露出水面,至吴家坪期重新沉积,平行不整合于志留系之上。早三叠世,沉积的大冶组形成蒸发台地相。

晚三叠世以来大陆板内演化:印支—燕山运动以来,块断隆升、掀斜形成现代山势地貌景观。

## 2 盆地地层特征及侧向变化

区域内分布有震旦系;早古生代寒武系、奥陶

系、志留系；晚古生代二叠系及中生代三叠系。主要为震旦系莲沱组 ( $Z_{1l}$ )、南沱组 ( $Z_{1n}$ )、陡山沱组 ( $Z_{2d}$ )、灯影组 ( $Z \in d$ )，早古生代牛蹄塘组 ( $\in_{1n}$ )、石牌组 ( $\in_{1sh}$ )、仙女洞组 ( $\in_{1xn}$ )、沧浪铺组 ( $\in_{1c}$ ) 石龙洞组 ( $\in_{1-2sh}$ )、赵家坝组 ( $O_{1zj}$ )、宝塔组 ( $O_{2-3b}$ )、龙马溪组 ( $O_{sl}$ )、新滩组 ( $S_{1x}$ )、罗惹坪组 ( $S_{1l}$ )，晚古生代梁山组 ( $P_{1l}$ )、阳新组 ( $P_{1y}$ )、吴家坪组 ( $P_{2w}$ ) 和中生界大冶组 ( $T_{1d}$ )。

莲沱组岩性主要为紫红色-灰黄色中厚-块状凝灰质砂砾岩、砂岩、泥岩。

南沱组岩性主要为紫红色块状砂砾岩、灰黄色厚-块状含砾细砂岩、石英细砂岩等。砂砾岩大小不等，棱角分明，部分为漂砾，属冰碛砾岩。

陡山沱组岩性主要为灰黄色厚-块状含砾细砂岩、石英细砂岩、千枚岩及含磷白云质灰岩。含砾细砂岩发育正粒序层理，石英细砂岩发育大型楔状交错层理、大型板状交错层理等。

灯影组岩性主要为白云岩、泥质白云岩，夹数层岩屑长石砂岩，可分为上、下两段。上段：为灰白-浅

灰色厚-块状角砾白云岩、薄层状细晶白云岩、藻纹层白云岩。上部角砾状白云岩中含铅锌矿，底部普遍为碎屑岩。南郑庙坝底部夹透镜状含砾杂砂岩，向东变粗在底部粗砂岩夹厚层状砂砾岩。下段：南江县桃园-贵民、南郑县五里浸、元坝子-魏家桥、阳平关一带发育藻纹层、栉壳状、溶蚀孔洞、帐篷构造等暴露标志，厚度多为中厚层状。由西向东，南郑县马元一带白云岩厚度明显变薄，栉壳状、帐篷等暴露标志的构造几乎未见，岩性为灰色中薄层白云岩夹硅质条带，底部普遍为一层砂砾岩或厚层-巨厚层白云质角砾岩。白玉一带缺失下段，表明测区西部沉降幅度大，东部沉降幅度小(图2)。沉积环境为碳酸盐潮坪-镶边局限台地相沉积。

牛蹄塘组主要岩性为深灰色含炭页岩、粉砂岩、含硅质炭质页岩夹炭质粉砂岩、泥灰岩，含磷、钒，发育水平层理。含较多的黄铁矿结核，横向岩性稳定，以颜色较深的含炭或炭质泥页岩、粉砂质泥岩和粉砂岩为主，上部偶含钙质或夹透镜状泥灰岩。地层厚度由西向东变薄，海侵方向由西向东。沉积环境为滞

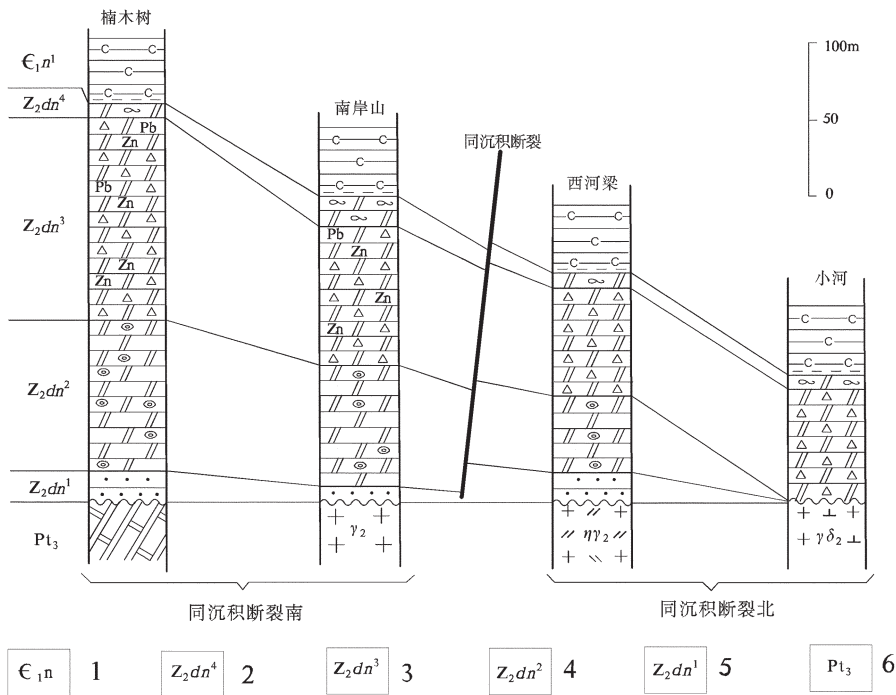


图2 南郑马元地区灯影组地层柱状对比图

1—下寒武统牛蹄塘组；2—上震旦统灯影组四段；3—上震旦统灯影组三段；4—上震旦统灯影组二段；5—上震旦统灯影组一段；6—新元古界

Fig.1 Stratigraphic correlation of Dengying Formation in Mayuan-Nanzheng area

1- Lower Cambrian Niutitang Formation; 2- 4th Member of upper Sinian Dengying Formation; 3- 3rd Member of upper Sinian Dengying Formation; 4- 2nd Member of upper Sinian Dengying Formation; 5- 1st Member of upper Sinian Dengying Formation; 6- Upper Proterozoic

流浅海陆棚强还原环境。

石牌组下部为灰色薄层泥质粉砂岩,上部为黄灰色—灰色薄层含泥钙质粉砂岩—细砂岩夹泥质粉砂岩,局部夹透镜状灰岩。由下而上,钙质和砂质明显增加。横向上,宁强舒家坝细砂岩发育大型楔状、板状交错层理;庙坝下部为灰色薄层状细粒长石岩屑杂砂岩页岩夹纹层状长石粉砂岩,上部为灰绿色薄层状细粒含砾长石岩屑杂砂岩与页岩互层;东玉河下部为灰黑色微细层钙质砂质页岩,上部为灰色板状钙质砂岩。由下向上颜色变浅,钙质砂质成分增加。下部发育水平层理、波纹状水平层理,具浅海陆棚相沉积的特征;上部发育水平层理,沙纹层理、微波状层理,具潮坪相沉积的特征。

仙女洞组岩性为灰色薄—厚层泥灰岩、粉砂质页岩、灰岩;灰—深灰色鲕粒灰岩,层理以水平层理为主,其次为斜层理和波状层理,透镜状和脉状层理。基本层序为鲕粒灰岩—砂质鲕粒灰岩—钙质细砂岩,显示向上变粗的沉积特征。横向上,南郑县庙坝为灰色中层状亮晶鲕粒灰岩、灰色中厚层状粉砂质粉晶—微晶白云质灰岩;南郑县贵民为灰色网格状碎屑灰岩,南郑县石板河灰色微细层状钙质粉砂岩,深灰色、灰色巨厚层鲕状灰岩、白云岩夹灰色泥质网格状灰岩和藻灰岩;西乡县河西为厚层块状灰岩厚—薄层状泥质灰岩;地层由西南向北东变厚。网格状、藻纹层和鲕状构造,总体上为潮下—潮间(鲕粒滩)带沉积环境,水体向上变浅。

沧浪铺组为一套含粗粒的碎屑岩建造,主要岩石组合为杂色细砾岩、砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩及泥岩夹砂质白云岩。底部以灰绿色页岩、粉砂岩、细砂岩为特征,向上灰色薄—中层砂岩、长石砂岩、含燧石砾岩等。沉积厚度由西向东变厚;垂向上由下向上碎屑物粒度变粗,一般底部为紫红色砂泥岩,中上部则变为砂岩→含砾砂岩→砾岩。基本层序为:泥(页)岩—粉砂岩—细砂岩—含砾砂岩—细砾岩。沉积构造可见有交错层理、平行层理、斜层理、底冲刷、不对称波痕及虫迹等构造。

沧浪铺组主体为三角洲相沉积,三角洲之下为潮间沉积,之上为潮下高能环境沉积。潮间带以紫红色页岩为主,页岩中夹有灰绿色细砂岩、粉砂岩条带,具水平层理、微波状层理,泥砂坪沉积。三角洲相下部灰色薄—中厚层石英粉砂岩、泥质粉砂岩,夹页岩和含砾粗砂岩,元坝子一带见铁质风化壳,具水平

层理、透镜状层理,波痕发育,有水平及倾斜虫迹。灰绿色、褐色杂砂岩夹含砾砂岩透镜体,含砾砂岩为河道沉积。潮下高能带中下部灰—灰白色中厚层长石石英砂岩,上部为中厚层白云质粉砂岩。下部具平行层理、大型斜层理、板状斜层理;上部具沙纹层理、大型斜层理、水平虫迹、对称波痕。

石龙洞组主要岩石组合为灰色微—粉晶白云岩、白云石化亮晶砂屑白云岩、鲕粒灰岩夹钙质细砂岩、泥岩粉砂岩,向上陆源碎屑物减少。基本层序为粉晶白云岩—砂屑白云岩。横向岩性基本稳定,南郑挂宝岩为灰色中厚层白云岩、泥质白云岩;南郑石板河向西碎屑岩夹层增多,为白云质砂岩、泥质白云岩,反映当初海进方向是由南东向北西。

石龙洞组发育水平层理、砂纹层理及对称波痕,形成于局限台地潮下—潮上坪相沉积环境。

赵家坝组下部主要岩性为灰黄绿色泥质页岩,含大量的生物虫迹;上部为紫灰—深灰色中厚—厚层含生物泥质灰岩。

宝塔组主要为灰色、紫红色龟裂纹灰岩、生物碎屑灰岩、瘤状灰岩、泥质灰岩夹薄层泥灰岩、泥岩及泥质纹层。横向上岩性稳定,厚度向东稍有变厚。龟裂纹为干裂纹。宝塔组形成于碳酸盐岩潮下—潮上坪相沉积环境。

龙马溪组主要岩石组合为黑色—深灰色薄层薄页片状炭质泥质页岩、含炭泥质页岩夹黑色薄层硅质岩和薄层状、条带状粉砂岩、泥质粉砂岩。向上粉砂岩增多,页岩中硅质减少。横向岩性变化不大,但地层厚度变化较大。发育水平纹层、水平层理,普遍含黄铁矿结核,并且含丰富笔石化石,属强还原滞流浅海环境。

新滩组为灰绿色、黄绿色薄层粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩,向上部碎屑物粒度变小,砂质成分减少,泥质成分增多。基本层序为粉砂岩—泥岩。横向上岩性不大,厚度变化明显。发育丘状层理、水平层理、沙纹层理。泥岩中富含笔石化石。正常浅海陆棚沉积环境。

罗惹坪组岩石组合为黄绿色薄层状泥质粉砂岩,局部夹薄层状长石石英细砂岩,底部夹浅灰绿色薄层状钙质粉砂岩。基本层序泥质粉砂岩—粉砂质泥岩。区域上横向岩性稳定,厚度变化较大。

罗惹坪组灰、黄绿色泥质粉砂岩、钙质页岩夹钙质粉砂岩,发育丘状层理、沙纹斜层理、水平层理,属浅海陆棚相沉积。



梁山组主要岩石组合为黄色、黑色页岩夹劣质煤及灰白色粘土岩。横向上厚度各地变化较大,局部缺失。城固县五里坝主要岩性为炭质泥页岩、泥质粉砂岩夹不稳定的劣质煤层及煤线。局部含扁豆状赤铁矿,褐铁矿。沉积环境属滨岸-沼泽相沉积。

阳新组下部为灰黑色中厚层状生物碎屑灰岩、微晶灰岩夹含粉砂质泥灰岩、泥岩和钙质页岩;上部为灰黑色-深灰色硅化或含燧石结核微晶灰岩、生物碎屑灰岩夹粉砂质灰岩、泥质灰岩及钙质页岩。岩性基本稳定,以深灰色-灰黑色灰岩为主偶夹有钙质泥页岩、炭质页岩,富含燧石结核和燧石层,发育水平层理。纵向上,灰岩中硅质成分增加、砂泥质成分减少,反映了水体变深的特征。

阳新组岩石组合反映浅海碳酸盐局限台地相沉积环境。

吴家坪组主要为一套灰色-深灰色厚-块状灰岩,下段为杂色含铝质页岩、泥质粉砂岩,西乡骆家坝腊子沟铝土矿产在该层;上段为深灰色含燧石团块碎屑灰岩夹硅质灰岩及黑色页岩,见有植物化石碎片。剖面结构反映水体向上变深,横向岩性基本稳定。下段页岩中为滨海相环境,上段为开阔的浅海台地相沉积。

大冶组主要岩石组合为紫色、紫红色泥岩、钙质、白云质泥质灰岩夹鲕粒灰岩和泥质白云岩。基本层序结构为泥岩-泥灰岩-灰岩-钙质页岩。水平层理发育,韵律清楚。

大冶组为碳酸盐岩潮坪沉积环境。

### 3 层序地层划分及沉积体系域特征

通过对区内震旦纪—三叠纪各岩石地层系统的地质格架及层序地层学初步研究,可划分为 3 个 II 级层序( $Z_1-\epsilon_1$ 、 $O_2-S_1$ 、 $P_1-T_1$ )和 6 个 III 级层序。目前,结合层序不整合界面、地质格架分析及层序地层学研究,对 5 个 III 级层序内部的沉积体系域特征进行了初步划分分析。

#### 3.1 层序 I

以下震旦统莲沱组—南沱组底部区域性 I 型不整合剥蚀面为其底界,以灯影组发育多层暴露标志的碳酸盐岩潮间带沉积为特征的顶部 II 型层序不整合面为顶界。层序 I 由低水位沉积体系域、海侵沉积体系域、高水位沉积体系域构成。

层序内低水位沉积体系域(LST)副层序由莲沱

组—南沱组紫红色块状砂砾岩、灰黄色厚-块状含砾细砂岩、石英细砂岩、紫红色泥岩等组成。砂砾岩大小不等,棱角分明,部分为漂砾,属冰碛砾岩。海侵体系域(TST)副层序由陡山沱组灰黄色厚-块状含砾细砂岩、石英细砂岩、千枚岩及含磷白云质灰岩组成。含砾细砂岩发育正粒序层理,石英细砂岩发育大型楔状交错层理、大型板状交错层理等。垂向上由下向上,碎屑物粒度由粗变细,基本层序为:砂砾岩-含砾砂岩-细砂岩-泥(页)岩-含磷白云质灰岩。总体构成粗碎屑岩到碳酸盐岩的退积型层序。高水位沉积体系域(HST)由灯影组下部为白云质砂砾岩(图版 16)、长石石英砂岩、藻纹层白云岩及中上部中—巨厚层状泥质白云岩、角砾状白云岩、燧石条带白云岩组成,底部为含碳酸盐岩质砾石及薄层状钙质岩屑长石砂岩,代表又一次海侵的开始。由西向东,宁强阳平关一带中厚层白云岩,发育大量的藻纹层、栉壳状(图版 14)、溶蚀孔洞、帐篷构造等暴露标志。南郑县马元一带白云岩厚度明显变薄,栉壳状、帐篷等暴露标志的构造几乎未见,角砾状白云岩中含铅锌矿,底部普遍为碎屑岩。剖面结构由下而上粒度变细、单层变薄多个韵律层组成,沉积构造主要为正粒序层理、低角度交错层理、平行层理等,副层序为自下而上碳酸盐岩岩层厚度逐渐变厚的进积型结构序列。地层堆积型式表现为南薄北厚,西厚东薄,总体沿碑坝隆起周缘及底部发育,呈“铲形”体。

#### 3.2 层序 II

底界为 DS1 之顶界 II 型层序界面,顶界为石龙洞组顶部局限台地潮下-潮上坪相沉积,顶界面属 II 型层序界面。层序 II 由海侵沉积体系域、高水位沉积体系域构成,缺乏低水位沉积体系域。

海侵体系域(TST)副层序由牛蹄塘组深灰色纹层状长石粉砂岩、薄层碳泥质页岩及石碑组薄层粉砂质板岩、细砂岩、透镜状灰岩组成,含磷、钒及较多的黄铁矿结核,发育水平纹层,形成于深水滞留强还原环境,局部泥岩中具灰岩砾石或透镜体(图版 15),中上部可能属凝缩沉积。副层序表现为粉砂质-碳泥质-灰质逐渐变细的退积型结构序列,沉积物粒度总体由粗到细。高水位沉积体系域(HST)由仙女洞组薄-厚层粉砂质页岩、泥灰岩、灰岩、鲕粒灰岩组成,发育鸟眼、窗孔、帐篷构造;石碑组基本层序为薄层含泥钙质粉砂岩-细砂岩-透镜状灰岩,发育脉状层理(图版 15);仙女洞组基本层序为鲕粒灰





图版 1 马元角砾状铅锌矿石

Plate 1 Mayuan brecciated lead-zinc ore



图版 2 观音庵钻孔中角砾状铅锌矿石

Plate 2 Brecciated lead-zinc ore from Guanyinan drill hole



图版 3 庙坝灯影组地层中含炭质角砾状白云岩

Plate 3 Brecciated dolomite in Dengying Formation, Miaoba



图版 4 西河灯影组铅锌矿含沥青角砾白云岩

Plate 4 Bituminous brecciated dolomite in Dengying lead-zinc ore, Xihe



图版 5 大河楼房坪宝塔组与龙马溪组平行不整合

Plate 5 Parallel unconformity in Longmaxi Formation, Loufangping, Dahe



图版 6 大河河西石龙洞组灰岩包卷层理、斜层理

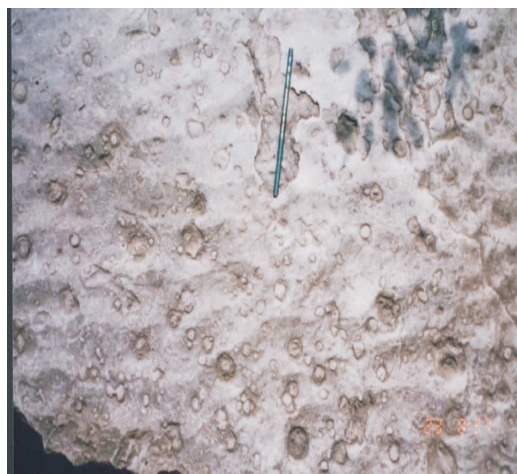
Plate 6 Convolute bedding and diagonal bedding in Shilongdong limestone, Hexi, Dahe





图版 7 大河河西宝塔组龟裂纹灰岩

Plate 7 Polygonal limestone of Baota Formation, Hexi, Dahe



图版 8 大河木耳坪沧浪铺组中冰雹迹

Plate 8 Hail trace in Canglangpu Formation, Muerping, Dahe



图版 9 大河木耳坪沧浪铺组中虫迹

Plate 9 Insect trace in Canglangpu Formation, Muerping, Dahe



图版 10 大河石碑组钙质粉砂岩中脉状层理

Plate 10 Veinlike bedding in calcareous siltstone of Shipai Formation, Dahe



图版 11 五里坝新滩组绿灰色泥岩夹粉砂岩

Plate 11 Greenish gray mudstone and siltstone of Xintan Formation, Wuliba



图版 12 大河木耳坪沧浪铺组中流水波痕

Plate 12 Ripple marks in Canglangpu Formation, Muerping, Dahe





图版 13 大坝映水坝仙女洞组灰色灰岩中的斜层理

Plate 13 Diagonal bedding in Xiannvdong gray limestone, Daba



图版 14 喜神坝五里浸灯影组灰岩中的栉壳构造(硅华)

Plate 14 Comb shell structure (geyserite) in Dengying limestone, Wulijin, Xishenba



图版 15 石板河牛蹄塘组泥岩中的灰岩透镜体

Plate 15 Limestone lenses in Niututang mudstone, Shibanhé



图版 16 西河纸房沟灯影组下段白云质砾岩

Plate 16 Dolomitic conglomerate in lower Dengying Formation, Zhifanggou, Xihe

岩-砂质鲕粒灰岩-钙质细砂岩,显示向上变粗的沉积特征,发育交错层理(图版 13)和鲕状构造,反映出频繁暴露的深水陆棚-潮坪(鲕粒滩)相沉积环境。副层序为自下而上由粉砂质、泥质深水陆棚相沉积逐步过渡到碳酸盐鲕粒滩,岩层厚度逐渐变厚的进积型结构序列。

### 3.3 层序 III

底界为 DS II 之顶界 I 型不整合剥蚀面为其底界面,顶界为石龙洞组顶部局限台地潮下-潮上坪相沉积,顶界面属 II 型层序界面。层序 III 由低水位沉积体系域、海侵沉积体系域、高水位沉积体系域构成,缺乏低水位沉积体系域。

层序内低水位体系域(LST)副层序由沧浪铺组

中下部灰绿色、紫红色页岩、灰色薄-中厚层石英粉砂岩、泥质粉砂岩和含砾粗砂岩、细砾岩组成,剖面结构表现为沉积环境由大型三角洲向潮(河)道相逐渐演化。垂向上由下向上碎屑物粒度变粗,基本层序为:泥(页)岩-粉砂岩-细砂岩-含砾砂岩-细砾岩。沉积构造可见有交错层理、平行层理、斜层理、底冲刷、不对称流水波痕(图版 12)及冰雹、虫迹(图版 8、9)等构造。沉积厚度由西向东变厚;表现为向上逐渐变粗的进积型结构序列。海侵体系域(TST)副层序由沧浪铺组上部灰黄色-灰绿色薄-中厚层含砾细砂岩、石英粉砂岩、泥质粉砂岩组成,垂向上,沉积物粒度由粗变细,地层具退积型结构;高水位沉积体系域(HST)副层序由石龙洞组灰色微-粉晶白云岩、



白云石化亮晶砂屑白云岩、砂质白云岩、鲕粒白云岩夹钙质细砂岩、泥岩粉砂岩,向上陆缘碎屑物减少。基本层序为粉晶白云岩-砂屑白云岩组成,发育水平层理、砂纹层理、包卷层理(图版 6)及对称波痕,形成于局限台地潮下-潮上坪相沉积环境。地层结构属碳酸盐岩潮坪相进积型结构。

### 3.4 层序Ⅳ

底界为 DS2 之顶界Ⅱ型层序界面,顶界为罗惹坪组顶部Ⅰ型层序界面。层序Ⅳ由海侵沉积体系域、凝缩沉积、高水位沉积体系域构成。

海侵体系域(TST)副层序由赵家坝组灰黄绿色泥质页岩、紫灰-深灰色中厚-厚层含生物泥质灰岩及宝塔组灰色、紫红色龟裂纹灰岩(图版 7)、生物碎屑灰岩、瘤状灰岩、泥质灰岩夹薄层泥灰岩、泥岩及泥质纹层组成。形成于碳酸盐岩潮下-潮上坪相沉积环境。沉积构造主要有生物虫迹、干裂、水平层理、浅水波痕及风暴层理等,副层序类型为泥砂质潮下坪-碳酸盐岩潮间-潮上坪,地层结构为沉积粒度向上变细的退积型结构序列。中部龙马溪组为黑色-深灰色页片状炭质泥质页岩、含炭泥质页岩夹黑色薄层硅质岩、泥质粉砂岩。发育水平纹层、水平层理,普遍含黄铁矿结核,并且含丰富笔石化石,属典型的凝缩沉积(CS),是区内第一次最大规模的海侵事件,地层结构为加积型。高水位沉积体系域(HST)副层序由新滩组灰绿色、黄绿色薄层粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩(图版 11)及罗惹坪组灰、黄绿色泥质粉砂岩、钙质页岩夹钙质粉砂岩组成,发育丘状层理、沙纹斜层理、水平层理,属正常深水-浅海陆棚沉积环境。罗惹坪组基本层序为粉砂质泥岩-泥质粉砂岩,剖面结构自下而上,反映了由深水相向浅海陆棚相转变,沉积粒度逐渐变粗,地层结构为进积型。

### 3.5 层序Ⅴ

顶底界面均为Ⅰ型层序界面,层序Ⅴ由低水位沉积体系域、海侵体系域、高水位沉积体系域构成。

层序内低水位沉积体系域(LST)副层序主要由梁山组岩石组合为黄色、黑色页岩夹劣质煤及灰白色粘土岩组成。沉积环境属滨岸-沼泽相沉积。自下而上副层序类型由沼泽相向潮坪相演变,沉积物粒度变细,岩层变薄,地层结构为退积型。海侵沉积体系域(TST)副层序由阳新组下部为灰黑色中厚层状生物碎屑灰岩、微晶灰岩夹含粉砂质泥灰岩、泥岩和钙质页岩;上部为灰黑色-深灰色硅化或含燧石结

核微晶灰岩、生物碎屑灰岩夹粉砂质灰岩、泥质灰岩及钙质页岩组成。总体属浅海碳酸盐局限台地相沉积环境。纵向上,灰岩中硅质成分增加、砂泥质成分减少,富含燧石结核和燧石层,发育水平层理。沉积物粒度变细,岩层变薄,反映了水体变深的特征,地层结构为退积型。高水位沉积体系域(HST)副层序由吴家坪组灰黑色-深灰色薄-中厚层硅质(页)灰岩、薄层硅质岩、厚-块状硅质灰岩及大冶组紫色、紫红色泥岩、钙质、白云质泥质灰岩夹鲕粒灰岩和泥质白云岩组成。吴家坪组横向岩性基本稳定,东部西乡骆家坝腊子沟铝土矿产在该层,下段为杂色含铝质页岩、泥质粉砂岩,为滨海相环境;上段为深灰色含燧石团块碎屑灰岩夹硅质灰岩及黑色页岩,见有植物化石碎片,为开阔的浅海台地相沉积。剖面结构反映水体向上变深。大冶组基本层序结构为泥岩-泥灰岩-鲕粒灰岩-白云岩。水平层理发育,韵律清楚,为碳酸盐岩潮坪沉积环境。自下而上,沉积物粒度变粗,水体向上变浅,高水位体系域地层结构为进积型。

### 3.6 层序Ⅵ

顶底界面均为Ⅰ型层序界面,层序不完整。层序Ⅵ由海侵体系域、高水位沉积体系域构成。

层序内海侵沉积体系域(TST)副层序由大冶组紫色、紫红色泥岩、钙质、白云质泥质灰岩夹鲕粒灰岩和泥质白云岩组成。基本层序结构为白云岩-白云质灰岩-泥灰岩-灰岩-泥岩。地层中水平层理发育,局部有鲕粒,韵律清楚。沉积环境属潮坪相环境沉积。高水位体系域(HST)副层序由嘉陵江组构成,区内受构造剥蚀未出露。

## 4 构造活动与区域海平面变化

### 4.1 区内的海平面变化周期

南秦岭早古生代-中生代沉积盆地,可初步划分出 3 个Ⅱ级海平面变化周期:即晚震旦世-早寒武世Ⅱ级海平面变化周期,中奥陶世-早志留世Ⅱ级海平面变化周期,早二叠世-早三叠世Ⅱ级海平面变化周期。区内晚震旦世-早三叠世Ⅱ级海平面变化周期可进一步划分出 6 个Ⅲ级海平面变化周期。Ⅲ级海平面变化周期与划分的层序相对应<sup>[7]</sup>。

区内海平面变化具有以下特点:从早到晚,震旦世-早寒武世Ⅱ级海平面变化主要表现为早期快速下降到晚期快速上升<sup>[8]</sup>,发育低水位楔和河流切谷

充填现象,构造沉降速度远大于海平面变化升降速度,沉积厚度及构造沉降幅度大,岩相变化剧烈,饥饿沉积主要表现为笔石页岩相、深水炭硅质页岩相(图版 5)。中奥陶世—早志留世 II 级海平面变化从早到晚主要呈现出缓慢下降,构造沉降速度与海平面变化升降速度基本一致,海平面变化频繁,饥饿沉积明显但厚度小,以灰黑色炭硅质页岩相为主。总体表现为高频振荡螺旋式上升,地层大多具有超覆沉积特点,缺乏低水位沉积和河流回春现象, I 型层序不整合面不发育,明显具“伸展式沉积层序”特点。早二叠世—早三叠世 II 级海平面变化周期具有升降快速,构造沉降速度远大于海平面变化速度,海平面升降频繁,缺乏饥饿沉积的特点。总体表现为高频快速上升,发育低水位沉积, I 型层序不整合面发育,明显具“挤压式沉积层序”特点。

#### 4.2 构造体制与海平面变化

众所周知,板块运动控制了全球海平面变化,区域性构造活动则控制了区域性海平面变化,局部性海平面变化与地区性构造隆升有关;区域性海平面变化与构造体制密切相关。海平面变化幅度是构造活动速度、基底沉降速率和沉积速率的函数。在造山带挤压构造体制下,剧烈的构造运动,使海平面快速下降,沉积空间缩小,沉积建造多为复杂的不稳定—次稳定的陆屑建造和复杂碳酸盐岩建造,沉积环境及岩相变化迅速;伸展构造体制下,海平面上升,沉积空间增大,沉降速率相对较慢,形成的层序界面多为 II 型层序不整合面,缺乏低水位沉积。沉积建造主要为碳酸盐岩开阔台地相沉积,沉积环境分异明显,饥饿沉积较为发育。

#### 4.3 构造活动与海平面变化

盆地沉积与构造作用及板块活动密切相关,构造作用规律的旋回性,造成盆地周期性沉降与隆升,而不整合或假整合及层序界面侵蚀,就是这种构造作用的记录和印证。如灯影组与陡山沱组,石龙洞组与宝塔组、罗惹坪组和梁山组之间的接触关系。这些界面记录了区域构造作用对盆地升降的影响,也反映了构造作用的旋回性与盆地内不整合界面的同步性、耦合性。这种旋回性反映在盆地水位呈规律性的枯水萎缩—充水沉积—枯水萎缩的变化,造成盆地内沉积序列规律的组合韵律或旋回<sup>[8,9]</sup>。

##### 4.3.1 晋宁运动

新元古代早期的晋宁运动促使龙门山—红河

(碧口—平武—盐边)海槽向东(潜没)消减,在消减作用推动下,海槽封闭,海水退出。晋宁运动使秦岭和扬子造山形成褶皱基底,奠定北东走向古华夏构造域和东西走向古亚洲构造域格架。晋宁运动不但使华南和华北统一形成原始中国古陆还开创了将华北稳定地台区与华南活动(地槽)区对峙状态改变为显生宙华北稳定地台区与华南(扬子)稳定地台区两个大陆板块的对峙状态。晋宁运动使海水退出,华南与华北拼接,扬子与秦岭造山,隆升剥蚀。

震旦纪至志留纪扬子海盆及其沉积物总体受基底控制,以司上一小洋坝断裂为界分东西两大块体,西部汉南米仓山地区属川西过渡型基底,盆地相对稳定。经南华纪剥蚀夷平之后,地面已逐渐趋于平坦。自灯影期开始,海水自西南(龙门山)和东南(镇坪)两个方向侵入。震旦纪为滨—浅海相(稳定型)沉积。陆源碎屑岩—隐藻碳酸盐沉积,含铅锌矿产。早寒武世牛蹄塘期、石牌期,以高炭质细碎屑沉积为主,显示当时属半封闭滞流环境。早中寒武世,从下至上连续沉积仙女洞、沧浪铺、石龙洞组 3 套岩石组合,其岩性分别由鲕粒状灰岩;杂色砂岩、砂砾岩;白云岩、灰岩组成。属潮坪相、三角洲相或混合潮坪相沉积。中寒武世—中奥陶世扬子海盆又一次抬升,露出水面。

中奥陶世至早志留世扬子海盆下降,宝塔期、龙马溪期、新滩期、罗惹坪期全区均有沉积且岩相稳定变化不大。震旦纪至志留纪,扬子陆表海形成,晋宁造山运动,盆地基底表现为差异性升降。

##### 4.3.2 加里东运动

加里东运动对南秦岭具有重要的影响,中志留世至晚泥盆世,全区处于隆升剥蚀状态。其主要表现为古生代沉积盆地自南向北的快速隆升,海水逐渐由南东向北西方向快速退却,盆地范围急剧缩小。早古生代末期的加里东运动,随着北秦岭汇聚、碰撞造山,扬子海盆海水退出,整体隆升,经受剥蚀和准平原化<sup>[4]</sup>。这一时期扬子地台位于古特提斯海洋东北部,属内陆远端盆地。

与全球海平面变化比较,中志留世至晚石炭世,全球海平面处于快速上升期,而区内扬子地台北缘大范围处于隆升剥蚀状态,两者表现为明显的差异性。

##### 4.3.3 东吴运动

区内东吴运动明显,主要表现为挤压构造体制下海盆的高频振荡,海平面快速隆升,局部隆升出现



海陆交互沉积,盆地迅速萎缩,形成 I 型层序界面及 I 型层序。二叠纪早期梁山期,形成海陆交互相滨岸沼泽相黑色页岩夹煤层和高岭土。东吴运动曾一度露出水面,平行不整合于志留系之上。中期(阳新期)为一套碳酸盐台地相厚层灰岩、生屑灰岩。阳新期沉积之后至吴家坪期重新沉积,形成厚层块状灰岩含燧石团块或条带灰岩。早三叠世,大冶组主要形成紫红、灰紫等咸化半咸化泥质碳酸盐岩、泥质灰岩、钙质页岩。属蒸发台地相。

4.3.4 印支—燕山运动

印支运动在南秦岭表现强烈,使全区晚三叠世—白垩纪缺少沉积。随着扬子板块与华北板块的强烈碰撞,盆地沉积范围逐步萎缩,海平面急速上升,海水全部退出,发生陆内造山,形成近东西向大中型褶皱和区域性同生断裂,产生区域变质作用。燕山运动,区内

晚白垩世—新近纪仍缺失沉积。晚白垩世以来块断隆升、掀斜,同时伴随产生重要的多层次逆掩推覆作用,最终奠定了区内构造形态及地貌景观。

5 海平面变化与“马元型”铅锌成矿

长约近百千米的马元型铅锌矿,均产于灯影组地层中,矿体的分布范围、产态均严格分布于灯影组第三岩性段( $Z_2dn^3$ )中厚层状角砾状白云岩、藻白云岩中,普遍含沥青等有机质,是本区最主要的铅锌矿赋矿层位<sup>[5-6,10]</sup>。灯影组角砾状白云岩,具显著的层控特点(图 3)。

5.1 马元地区“角砾状”白云岩的重新认识

马元地区灯影组中上部普遍发育角砾状白云岩(图版 3、4),特别是砾屑白云岩对成矿层控特点十分明显,表现为灯影组第三岩性段控制了矿化分布范

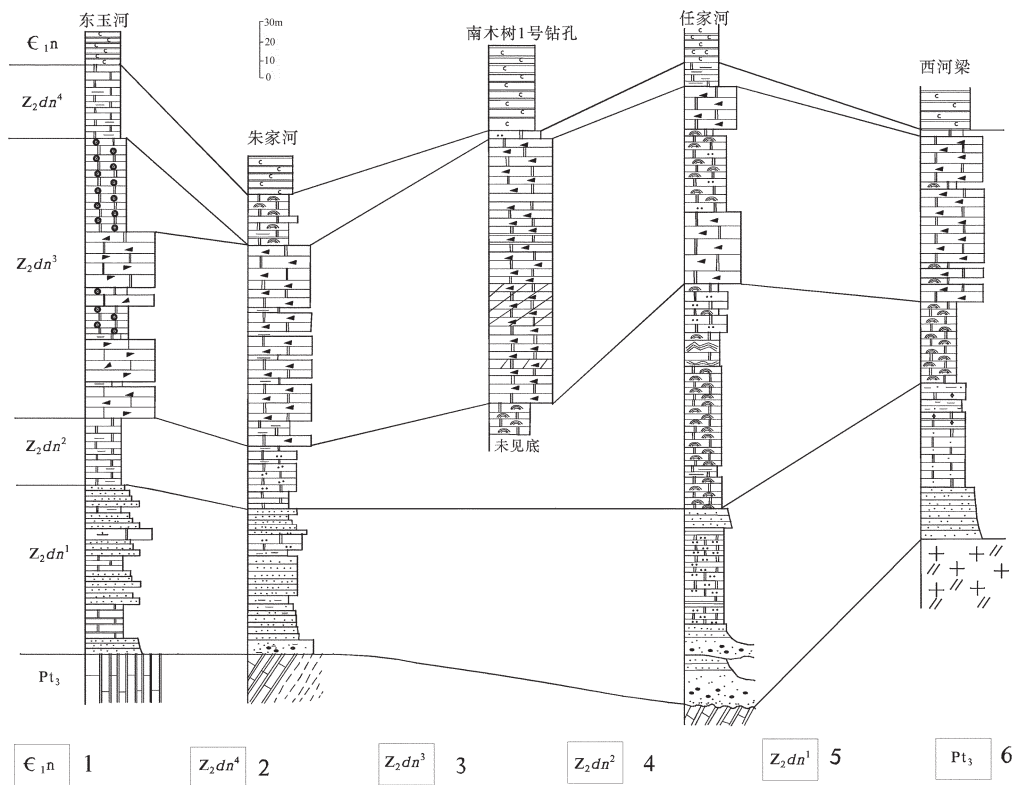


图 3 难郑马元地区铅锌矿地层柱状对比图

1—下寒武统牛蹄塘组;2—上震旦统灯影组四段;3—上震旦统灯影组三段;4—上震旦统灯影组二段;5—上震旦统灯影组一段;6—新元古界

Fig.3 Correlation of lead-zinc ore bearing strata in Mayuan-Nanzheng area

1-Lower Cambrian Niutitang Formation; 2-4th Member of upper Sinian Dengying Formation; 3-3rd Member of upper Sinian Dengying Formation; 4-2nd Member of upper Sinian Dengying Formation; 5-1st Member of upper Sinian Dengying Formation; 6-Upper Proterozoic

围,砾屑白云岩限制了矿体的空间分布范围。因此对角砾岩的认识,涉及到该地区铅锌找矿方向。目前多认为属层间滑脱构造角砾岩;笔者认为应属同沉积角砾岩。其证据为(1)角砾岩分布于灯影组第三岩性段中( $Z_2dn^3$ ),总体成层,但呈透镜状产出;(2)砾屑成分简单(藻白云岩质和微晶白云岩质为主)、砾屑含量变化(厚度和夹层)大,南厚北薄;(3)角砾大小不等,棱角明显,但形态基本可以拼接;(4)普遍含地沥青及重晶石;(5)砾屑白云岩角砾岩带断裂构造不明显或缺失;(6)矿化岩石总体蚀变很弱或无蚀变,但富矿地段具溶蚀角砾、角砾退色边等现象,重晶石、方解石等胶结物包围白云岩质角砾,中、小角砾多呈次棱角状、次圆状;(7)铅锌矿化赋存于角砾岩胶结物,角砾中无矿化(图版 1、2)。

## 5.2 海平面变化与成矿

构造运动控制构造体制,构造体制又制约了海平面升降变化。早震旦世海平面总体处于陆表海,总体沉积环境属碳酸盐岩潮坪—局限台地沉积。早期稳定陆表海浅水的碳酸盐岩潮坪的环境,海水浅,蒸发量大,生物繁盛,形成了一套以藻屑白云岩、厚层白云岩,砾屑白云岩为主的藻白云岩含镁沉积建造,局部碳酸盐台地暴露地表并发生古喀斯特化(白云岩化藻白云岩),由于暴风作用,使暴露地表白云岩干裂并角砾岩化,形成角砾岩化白云岩层,深部含铅锌的热液沉积成矿物质沿同生断裂逐步迁移富集在含角砾白云岩的空间里,形成“马元型”(MVT)铅锌矿。

## 6 结 语

盆地的沉积演化与构造体制相联系,构造体制与区域性构造运动密切相关,构造活动控制了海平面变化。盆地沉积建造是构造升降、海平面变化和沉积速率的函数。通过区域地层格架和层序地层分析,可以进一步研究区域构造活动历史,复原海平面变化细节。通过层序地层分析,结合对马元地区“角砾状”白云岩成因的探讨,可以从沉积环境方面更加精细地开展地层、层序研究,从而有针对性地了解区域海平面敏感变化,更好地预测、指导铅锌矿找矿工作。

## 参考文献(References):

[1] 齐文,侯满堂,汪克明,等. 陕西南郑马元一带发现大型层控型铅锌矿带[J]. 地质通报, 2004, 23(11):1139-1142.

- Qi Wen, Hou Mantang, Wang Keming, et al. A large stratabound lead-zinc metallogenic belt has been discovered at Mayuan, Nanzheng, Shaanxi province[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(11):1139-1142(in Chinese with English abstract).
- [2] 张拴厚,王根宝,韩芳林,等. 东秦岭基底组成与构造区划分[J]. 陕西地质, 2001, 19(2):1-7.
- Zhang Shuanhou, Wang Genbao, Han Fanglin, et al. Basement composition and structural divisions of the eastern Qinlin [J]. Geology of Shaanxi, 2001, 19(2):1-7(in Chinese with English abstract).
- [3] 齐文,侯满堂. 陕西铅锌矿类型及找矿方向 [J]. 陕西地质, 2005, 23(2):1-19.
- Qi Wen, Hou Mantang. Types and prospecting trend of lead and Zinc ores in Shaanxi province. [J]. Geology of Shaanxi, 2005, 23(2):1-19(in Chinese with English abstract).
- [4] 唐永忠,侯满堂. 南秦岭古生代沉积盆地沉积-构造事件与热水沉积成矿[J]. 矿产与地质, 2006, (1):102-108
- Tang Yongzhong, Hou Mantang. Sedimentary-tectonic event and hydrothermal depositional mineralization in Palaeozoic sedimentary basin, south Qinling [J]. Mineral Resources and Geology, 2006,(1): 102-108(in Chinese with English abstract).
- [5] 侯满堂,王党国,杨宗让. 陕西马元地区铅锌矿地质特征及找矿远景[J]. 中国地质, 2007, 34(1):101-109.
- Hou Mantang, Wang Dangguo, Yang Zongrang. Geological characteristics of lead-zinc mineralized zones in the Mayuan area, Shaanxi, and their ore prospects [J]. Geology in China, 2007, 34(1): 101-109(in Chinese with English abstract).
- [6] 姚书振,丁振举,周宗桂,等. 秦岭造山带金属成矿系统[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27 (5):599-603.
- Yao Shuzhen, Ding Zhenju, Zhou Zonggui, et al. Metallogenic systems of Qinling orogen [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2002, 27 (5):599-603(in Chinese with English abstract).
- [7] 贾承造,刘德来,赵文智,等. 层序地层学研究新进展[J]. 石油勘探与开发 2002, 29 (5):1-4.
- Jia Chengzao, Liu Delai, Zhao Wenzhi, et al. Some new achievements in sequence stratigraphy research [J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29 (5):1-4 (in Chinese with English abstract).
- [8] 贾振远,蔡忠贤. 层序与旋回 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, 22 (5):449-455.
- Jia Zhenyuan, Cai Zhongxian. Sequence and cycle [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1997, 22 (5): 449-455(in Chinese with English abstract).
- [9] 王训练. 露头层序地层学研究的几个基本理论问题 [J]. 中国科学(D 辑) 1999, 29 (1):22-30.
- Wang Xunlian. Several basic theoretical issues of Outcrop sequence stratigraphy research[J]. Science in China (Series D), 1999, 29 (1): 22-30(in Chinese with English abstract).
- [10] 芮宗瑶,叶锦华,张立生,等. 扬子克拉通周边及其隆起边缘的铅锌矿床[J]. 中国地质, 2004, 31(4):337-346.



Rui Zongyao, Ye Jinhua, Zhang Lisheng, et al. Pb-Zn deposits on the perimeter of the Yangtze craton and on the margins of its uplifts[J]. *Geology in China*, 2004, 31(4):337-346 (in Chinese with English abstract).

[11] 梅冥相, 张海, 孟晓庆, 等. 上扬子区下寒武统的层序地层划分

和层序地层格架的建立[J]. *中国地质*, 2006, 33(6):1292-1304.

Mei Mingxiang, Zhang Hai, Meng Xiaoqing, et al. Sequence stratigraphic division and framework of the Lower Cambrian in the Upper Yangtze region[J]. *Geology in China*, 2006, 33(6):1292-1304(in Chinese with English abstract).

## The response of Mayuan, Nanzheng– Yangpingguan, Ningqiang sedimentary basin on the northern edge of the Yangtze platform to tectonic events and sea level changes

TANG Yong-zhong<sup>1</sup>, SHI Zun-ying<sup>1</sup>, GAO Rong-hu<sup>1</sup>,  
ZHU Zeng-wu<sup>1</sup>, LIU Li-min<sup>2</sup>, MA Lin<sup>3</sup>

(1. *Shaanxi Institute of Geological Survey, Xian 710054, Shaanxi, China*; 2. *No. 1 Geological Party of Shaanxi Province, Ankang 725000, Shaanxi, China*; 3. *Bureau of Land and Resources of Xunyang, Yunyang 725700, Shaanxi, China*)

**Abstract:** A group of early Paleozoic–Mesozoic carbonate rocks intercalated with clastic rocks with clear structure and lithofacies was deposited in Nanzheng–Yangpingguan Paleozoic sedimentary basin of south Qinling Mountains, lying at the northern passive edge of Yangtze Platform. On the basis of stratigraphic features and lateral change, 6 sequences as well as some depositional boundaries and tracts were recognized. The evolution of the sedimentary basin was closely related to tectonic regime and regional tectonic movement, and the tectonic movements dominated the sea–level change. In recent years, “Mayuan–type” lead–zinc metallogenic belt hundreds of kilometers in thickness was discovered in Sinian Dengying dolomite of Mayuan and Nanzheng. Therefore, it is of great significance to study the regional tectonic history, restore sea–level change and understand the regional sensitive sea–level changes through the analysis of the regional stratigraphic framework and sequence stratigraphy with the purpose of forecasting the mineral deposits better.

**Key words:** north margin of Yangtze Platform; sedimentary basin; tectonic activity; sea–level change; Mayuan lead–zinc metallogenic belt

**About the first author:** TANG Yong-zhong, male, born in 1965, senior engineer, mainly engages in mineral exploration and geological basin research; E-mail: 625879916@qq.com.