

# The Study on the Stratigraphic Characteristics Contrast of Shanxi Formation in Southwest Shandong and Jiyang Depression\*

Tiantao Yin<sup>1,2</sup>, Shoujun Li<sup>1,2</sup>, Xiuli Zhao<sup>1,2</sup>, Shiyong Yin<sup>3</sup>, Liyuan Yuan<sup>2</sup>, Miao He<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shandong Provincial Key Laboratory of Depositional Mineralization & Sedimentary Minerals, Shandong University of Science and Technology, Qingdao

<sup>2</sup>College of Geological Science & Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao

<sup>3</sup>The National Nature Reserve Management Office in Shanwang Linqu of Shandong, Linqu  
Email: derek0408@163.com

Received: Mar. 18th, 2012; revised: Apr. 2nd, 2012; accepted: Apr. 11th, 2012

**Abstract:** Shanxi Formation is an important enrichment horizon of coal and coal-formed gas in Shandong; as the needs of the energy exploitation, the internal stratigraphy characteristics are cleared further in Shanxi Formation; The theory of integrative stratigraphy is treated as the core by the author, the Sedimentology, Lithostratigraphy, Biostratigraphy combine the drilling, logging and so on are selected to contrast the strata in Southwest and Jiyang Depression of the covered area in Shandong, and the stratigraphic correlation relationship is builded; the research shows that the lithology characteristics are similar fundamentally, the thickness has a little change, the single coal in Jiyang Depression is more thinner than it in Southwest; the contrast on the sporopollen combination shows that the gymnosperm in Jiyang Depression is more than it in Southwest, so the climate in Jiyang Depression is more droughty in Southwest.

**Keywords:** Southwest Shandong; Jiyang Depression; Shanxi Formation; Stratigraphic Characteristics Contrast

## 鲁西南与济阳拗陷山西组地层特征对比研究\*

殷天涛<sup>1,2</sup>, 李守军<sup>1,2</sup>, 赵秀丽<sup>1,2</sup>, 殷世勇<sup>3</sup>, 原丽媛<sup>2</sup>, 贺 淼<sup>2</sup>

<sup>1</sup>山东科技大学山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 青岛

<sup>2</sup>山东科技大学地质科学与工程学院, 青岛

<sup>3</sup>山东省临朐县山旺国家级自然保护区管理处, 临朐  
Email: derek0408@163.com

收稿日期: 2012年3月18日; 修回日期: 2012年4月2日; 录用日期: 2012年4月11日

**摘 要:** 山东山西组是煤及煤成气重要的富集层位, 随着能源开采的需要, 亟需进一步厘清覆盖区山西组内部地层特征; 笔者以综合地层学理论为核心, 利用沉积学、岩石地层学、生物地层学等方法结合钻井、测井等资料, 将山东地区二叠系典型区域鲁西南、济阳拗陷山西组, 进行地层特征对比研究, 建立地层对比关系; 经研究发现鲁西南与济阳拗陷山西组岩性总体特征相似, 厚度略有变化, 济阳拗陷单层煤层较鲁西南薄; 孢粉组合对比表明, 济阳拗陷裸子植物较鲁西南有所增加, 反映济阳拗陷气候较鲁西南干旱。

**关键词:** 鲁西南; 济阳拗陷; 山西组; 地层特征对比

### 1. 引言

\*基金项目: 中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学与地层学开放研究实验室开放课题(编号: 123104); 山东科技大学研究生创新基金(YCA110318)。

华北地区二叠系研究由来已久, 前人已做了很多工作(周和仪, 1980; 刘汉男, 1995; 蒋汉朝等, 2002; 苏唯等, 2006)<sup>[1-4]</sup>; 山东二叠系山西组是煤及煤层气

重要的富集层位。在山东,二叠系主要发育在安丘-莒县断裂以西地区(山东省岩石地层,1996)<sup>[5]</sup>。依据地层发育特征主要分为鲁西地区(菏泽、聊城等地)、鲁中地区(淄博)以及鲁北地区。鲁北地区主要以济阳拗陷为代表(李守军等,1997,2003,2010)<sup>[6-8]</sup>;在鲁西聊城(王明镇等,2003;宋香锁等,2009)<sup>[9,10]</sup>,鲁中淄博(张淑芳等,1994)<sup>[11]</sup>,鲁北济阳拗陷(赵秀丽等,2006)<sup>[12]</sup>二叠系研究已经较为成熟;然而在鲁西南(菏泽)研究程度较差,随着煤炭等能源开采的需要,明确其二叠系内部地层发育特征迫在眉睫,本文着重将鲁西南(菏泽)与山东二叠系典型覆盖区鲁北(济阳拗陷)山西组地层特征进行横向比较分析,通过岩石地层学、生物地层学等方法,结合覆盖区钻井、测井等资料进行综合分析研究。以综合地层学理论<sup>[13]</sup>为指导研究其岩性展布特征、生物组合序列演化分布等,明确研究区山西组内部主要特征及其横向对比变化。

## 2. 岩石地层对比研究

在山东,晚古生代地层自下而上主要发育本溪组、太原组、山西组、下石盒子组以及上石盒子组;典型剖面在淄博市八陡镇东黑山,其中山西组是太原组与石盒子组之间的一套以陆相为主含煤地层,由灰至深灰色泥岩、砂质页岩、黄绿色至灰绿色砂岩夹煤层组成的岩石组合,夹可采煤层,与下伏太原组、上覆下石盒子组均为整合接触。

在济阳拗陷(以义136井为代表),二叠系为一套陆相碎屑岩,早期含煤,晚期为紫红色砂岩、泥岩互层;其中山西组主要为一套灰色泥岩,砂岩夹炭质泥岩及煤层组成,其单层含煤厚度较薄,主要集中在中下部,上部煤质较差,甚至仅含部分煤线。

在鲁西南地区,笔者主要对菏泽彭庄煤矿(西补15井)二叠系山西组岩心进行采样,经分析表明,该区山西组主要是一套陆相沉积地层,主要由粉砂岩、细粒粉砂岩、泥岩等组成;底部以粉砂岩整合与太原组之上,是一套陆源过渡相碎屑岩沉积,属三角洲相沉积体系;山西组下部砂岩呈灰色,局部含较多菱铁质结核,细砂岩以灰、灰绿色为主,主要成分为石英、长石,见少量云母碎片,上部粉砂岩以灰色为主,局部灰绿色,见紫红色;泥岩主要发育在山西组下部,含较多的植物碎屑及孢粉化石,局部夹少量亮煤条带

及炭质成份,含煤层主要集中在山西组下部,单层含煤较厚。通过岩心观察分析,山西组下部煤岩组分以亮煤为主,含较多暗煤及镜煤,呈弱玻璃光泽,属半亮型煤。越是往上暗煤及镜煤含量变少,但煤岩组分仍属半亮型煤。

通过以上研究分析建立鲁西南、济阳拗陷岩石地层对比关系(图1)。

从图1可以看出研究区山西组岩性在横向上的一个分布态势,鲁西南与济阳拗陷厚度不一;山西组在鲁西南(菏泽西补15井),碎屑岩占全组2/3左右,济阳拗陷碎屑岩约占1/3左右,体现了其碎屑岩整体在区域上的变化;通过标志层煤线的对比研究,鲁西南山西组煤层主要集中在山西组下部;在济阳拗陷,煤层主要集中在中下部,单层较鲁西南薄,体现了山西组在研究区空间上含煤性的特点。

## 3. 生物地层对比研究

生物地层研究是地层划分与对比的关键;在研究区,二叠系山西组均为一套陆相沉积,含丰富的植物化石,孢粉含量极为丰富,这为研究区二叠系山西组的生物地层对比带来了可靠的生物依据。

济阳拗陷,山西组整合与太原组之上,与上覆地层下石盒子组呈整合接触,孢粉含量极为显著。在济阳拗陷山西组,赵秀丽(2006)建立了 *Cyclogranisporites-Granulatisporites-Laevigatosporites* 组合,蕨类植物孢子在该组合中占优势,含量为87.3%~69.47%,孢子中仍然以无环三缝孢为主,含量约45.6%,主要属种如: *Leiotriletes adnatus*, *Leiotriletes ornatus*, *Leiotriletes cyathidites*, *Punctatisporites obliquus*, *Cyclogranisporites orbiculus*, *Cyclogranisporites aureus*, *Granulatisporites sp.*, *Granulatisporites minutus*, *Granulatisporites granulatus* 等;单缝孢含量较高,约为24.74%,常见的属种有: *Laevigatosporites medius*, *Laevigatosporites minimus*, *Punctatosporites granifer*, *Punctatosporites minutus* 等。裸子植物含量为12.7%~30.53%,其中主要以科达纲单气囊费氏粉为主。这一组合大部分属种主要是由下伏太原组延续上来的分子,赵秀丽等(2006)推断本孢粉组合的层位主要在山西组的下段,与早二叠世中期的中期华夏植物群早期面貌基本一致。

# 鲁西南与济阳拗陷山西组地层特征对比研究

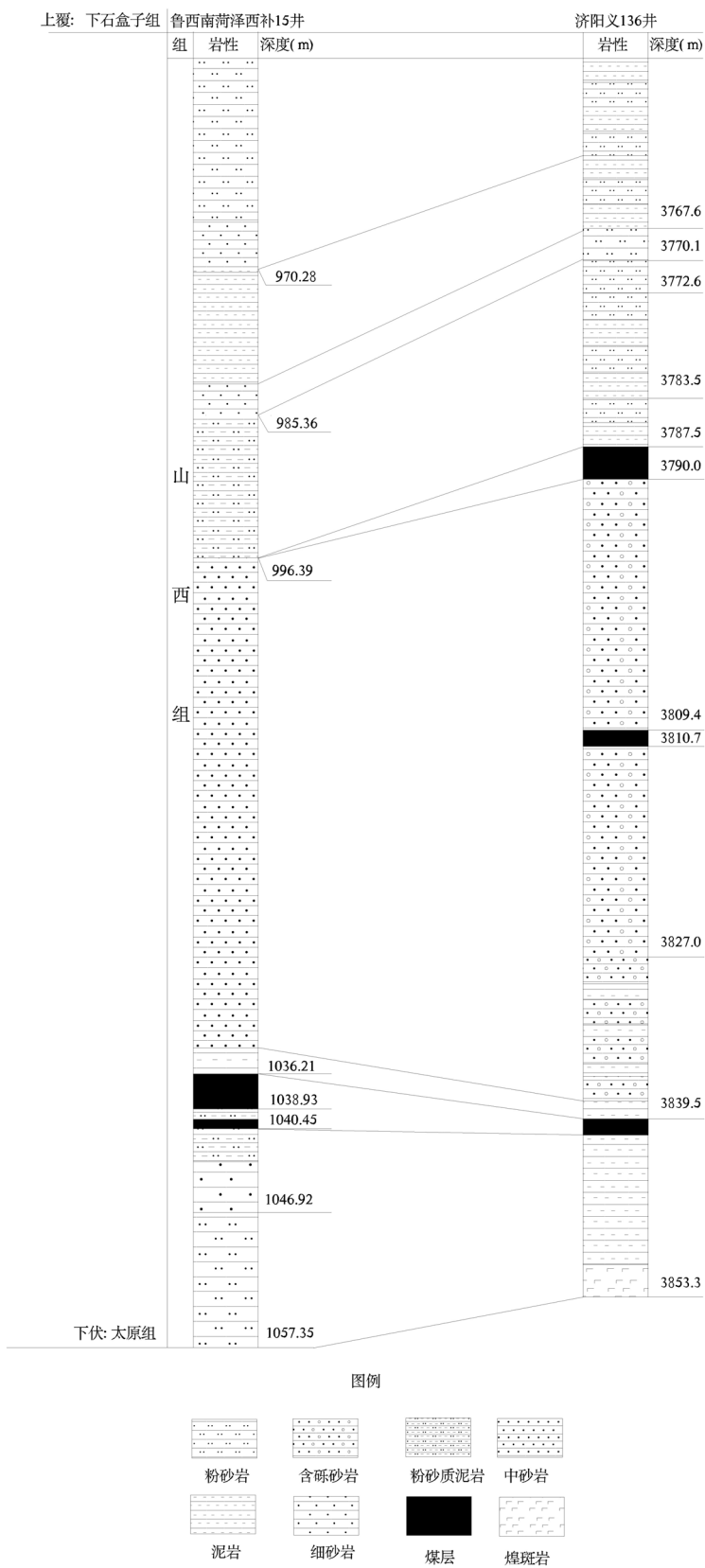


Figure 1. The rock-stratigraphic correlation of the Shanxi Formation in Southwest Shandong province-Jiyang depression  
 图 1. 鲁西南 - 济阳拗陷山西组岩石地层对比

鲁西南地区, 本次研究主要对菏泽彭庄煤矿西补 15 井山西组进行采样, 共分析孢粉样品 14 块, 所有样品中均含有较为丰富的孢粉化石, 经分析鉴定, 共发现孢粉化石 37 属 127 种及部分未定种, 根据孢粉化石的纵向分布规律及其含量变化; 在该组建立 *Culisporites cochlearius*-*Leiotriletes adnatus*-*Sinulatisporites sinensis* 组合, 其中蕨类孢子依然占据优势, 约 90.61%, 在蕨类孢子中仍以无环孢居首要地位, 约 66.55%, 主要属种有: *Cyclogranisporites microgranus*, *Converrucosisporites ornatus*, *Punctatisporites minutus*, *Leiotriletes tangyiensis*, *Granulatisporites brachytus*, *Punstatissporites punctatus*, *Leiotriletes adnatoides*, *Verrucosisporites kaipingensis*, *Cyclogranisporites microgranus*, *Apiculatisporis aculeatus*, *Leiotriletes adnatus* 等; 其次是具环三缝孢 11.46%。主要属种有: *Densosporites anulayus*, *Gulisporites cereris*, *Gulisporites laevigatus*, *Gulisporites cochlearius*, *Densosporites anulatus*, *Lycospora pusilla* 等; 单缝孢占一定含量, 约 12.6%, 主要为 *Punctatosporites granifor*, *Punctatosporites minutus* 等。花粉次之, 约: 9.39%, 主要以单气囊费氏粉 *Florinites minutus* 为主。该孢粉组合与王明镇(2003)在鲁西诸煤田山西组建立的早二叠世中期孢粉组合 *Gulisporites cochlearius*-*laevigatosporites* 总体特征极为相似, 本文将孢粉组合 *Culisporites cochlearius*-*Leiotriletes adnatus*-*Sinulatisporites sinensis* 地质时代定为早二叠世中期, 整体面貌与中期华夏植物群一致。

通过以上研究分析, 在济阳拗陷、鲁西南山西组的孢粉组合中, 虽然孢粉组合名称略有出入, 不过都有其共同的组合特征, 均是蕨类孢子占优势, 裸子植物花粉次之, 而在蕨类孢子中, 又以无环三缝孢为主,

具环三缝孢次之。从上述孢粉组合中体现的属种来看, 反映的古植被基本是一致的, 其特征都与早二叠世华夏中期植物群一致。不同的是, 鲁西南地区的裸子植物要少于济阳拗陷, 表明济阳拗陷气候较鲁西南(菏泽)地区干旱, 陆地面积相对增多, 通过以上分析, 建立山东部分地区孢粉组合对比表(表 1)。

#### 4. 煤层测井响应

研究区主要为覆盖区; 本次研究在岩石地层学与生物地层学的基础上, 结合测井地层学, 来综合分析研究区地层特征, 使之多学科结合, 对建立的地层对比关系加以佐证, 从而可以更好的保证地层特征对比的准确性。测井曲线能很好的反映所测地层的旋回性、周期性等沉积特征, 根据测井曲线所反映岩性特征进行研究分析, 还可以较好的弥补缺乏标志层时进行地层间特征对比。山东菏泽西补 15 井山西组煤层处测井曲线(图 2), 自然伽玛, 三侧向电阻率的曲线变化所体现的物性特征为: 在煤层处, 自然伽玛值低, 三侧向电阻率值偏高; 同时在自然伽玛低值处底层对应砂岩。在济阳拗陷西 136 井山西组, 测井岩性柱状图体现的测井曲线规律基本与鲁西南菏泽西补 15 井一致, 同时自然电位呈锯齿状处呈现的是砂泥岩互层。通过测井曲线变化进一步证明了鲁西南 - 济阳拗陷山西组在岩性特征对比上的准确性。

#### 5. 沉积特征

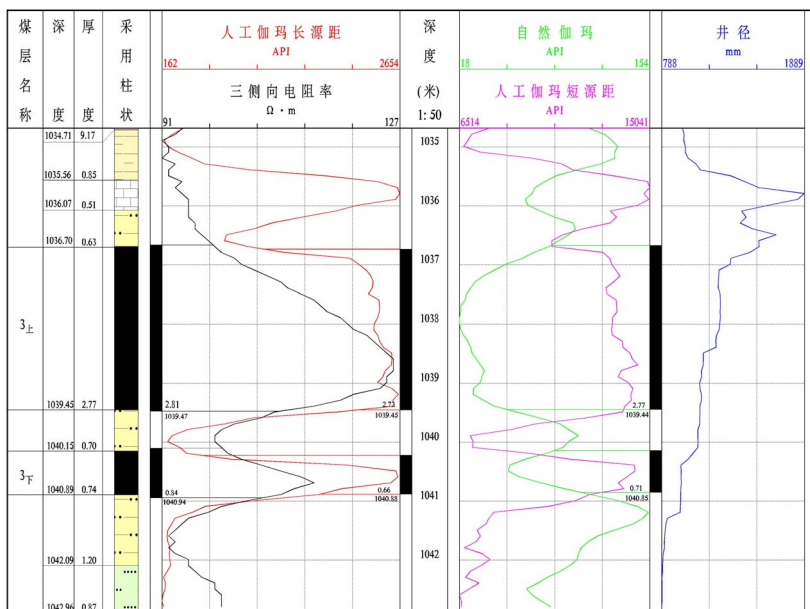
华北地区二叠系沉积环境研究成果较多<sup>[14-16]</sup>。山东及邻区的山西组是晚古生代陆表海盆地沉积充填的上部沉积地层, 为以大型复合三角洲沉积为主体的陆相 - 过渡相含煤岩系<sup>[14]</sup>。

Table 1. Correlation of early Permian sporopollen content from some areas in North China  
表 1. 华北部分地区山西组孢粉含量对比表

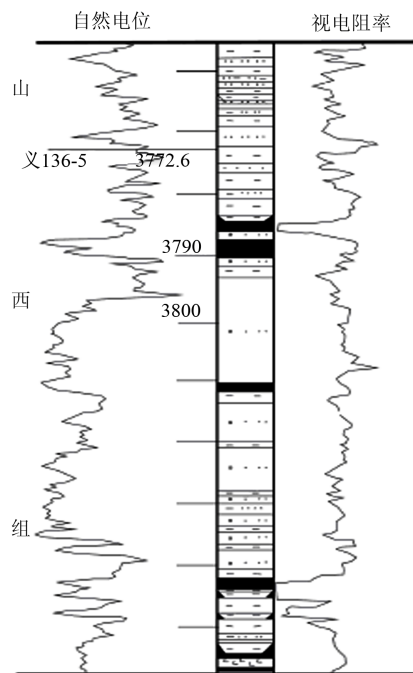
地点	济阳	聊城	肥城	新汶	菏泽(本文, 2012)
孢粉类型	<i>Cyclogranisporites</i> , <i>Granulatisporites</i> , <i>Laevigatosporites</i>	<i>Gulisporites cochlearius</i> , <i>Sinulatisporites sinensis</i>	<i>Gulisporites Cochlearius</i> , <i>Sinulatisporites sinensis</i>	<i>Gulisporites cochlearius</i> , <i>Sinulatisporites sinensis</i>	<i>Culisporites cochlearius</i> , <i>Leiotriletes adnatus</i> , <i>Sinulatisporites sinensis</i>
无环类	45.6	54.36	57.2 - 78.35	55.01 - 68.9	66.55
具环类	10.22	19.66	2.1	7.0	11.46
单缝类	24.74	17.25	20.0	14.02	12.60
花粉	12.7 - 30.53	1.71 - 26.63	24.38 - 38.83	16.34	9.39

\*除菏泽地区为本次研究结果外, 其余地区资料据赵秀丽等(2006)。

煤层放大曲线 (1:50)



菏泽西补 15 井山西组煤层处测井曲线



济阳义 136 井(据赵秀丽, 2006)

Figure 2. The curves and columnar section of drilling and logging  
图 2. 钻孔测井曲线和柱状图

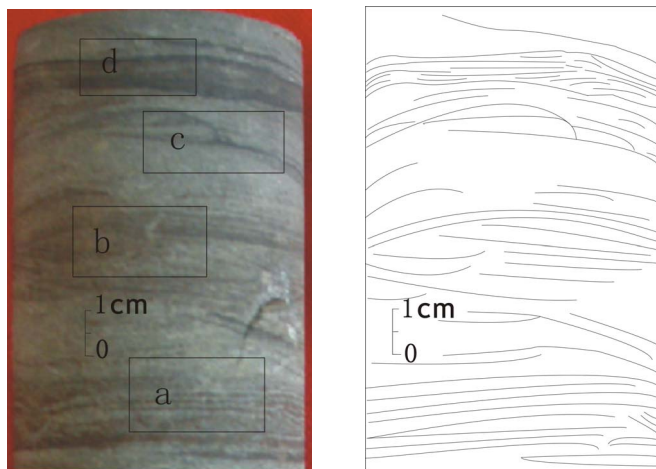


Figure 3. The Argillaceous Siltstone of the Dongbu 15 well Shanxi Formation in Heze (975.11 - 970.38 m) (the dextral graphy is the left sketch).  
(a) The parallel bedding; (b) The sand ripple staggered bedding; (c) The climbing wave mark bedding; (d) The covolute bedding  
图 3. 菏泽西补 15 井山西组泥质粉砂岩(975.11~970.38 m)(右图为左图之素描图)。(a) 平行层理; (b) 沙纹交错层理; (c) 爬升波痕层理; (d) 包卷层理

鲁西南地区晚古生代沉积体系同样具有华北地区总体特征。在菏泽山西组是一套以三角洲体系为主的过渡相沉积, 结合岩心研究发现, 沉积多层理发育, 类型多样, 表明当时水动力态势及其沉积环境。通过岩心研究表明在山西组砂岩中的层理类型主要包括平行层理、砂纹交错层理、爬升波痕层理、包卷层理等; 图 3 底部为平行层理, 主要是由平行的颗粒大小

不等的砂岩组成, 水动力条件较强; 中间部位, 为沙纹交错层理, 其纹层平直, 层面角度较小, 水动力条件逐渐变弱; 在沙纹交错层理上部, 局部见爬升波痕层理, 反映在该时期山西组有丰富的沉积物, 特别是有呈悬浮状态的沉积物不断供给, 体现沉积物周期性的快速堆积环境; 顶部为包卷层理, 砂岩中包含部分泥岩, 砂体形态变化显著。

济阳拗陷山西组为一套三角洲相沉积体系<sup>[17]</sup>, 相组合主要是分流河道相、天然堤坝相、分流间洼地相、分流间沼泽及泥炭沼泽相等。通过以上沉积微相研究分析, 该区沉积物底部具冲刷, 向上变细; 多具层理, 生物扰动、植物化石等。

两地区虽然总体上具华北地区古地理特征, 通过岩心观察以及孢粉组合进行分析, 结合两地区碎屑岩变化态势发现鲁西南与鲁北(济阳拗陷)还是在沉积特征上呈现一定的变化。作为鲁西和济阳分界的聊考断裂一线, 在晚石炭世就可能是一种沉积环境界线, 其以北的济阳地区海侵方向可能与鲁西不一致, 鲁西是由东南向西北海侵, 与整个华北总的海侵趋势大致相同; 济阳地区当时的海侵方向是由东向西, 且距离大洋盆地的距离比鲁西相对近些<sup>[18]</sup>。

## 6. 结论

1) 通过岩石地层对比揭示了山西组岩性在区域上的变化, 鲁西南与济阳拗陷山西组岩性相似, 厚度略有变化; 鲁西南山西组煤层主要集中在山西组下部, 单层厚; 在济阳拗陷, 煤层主要集中在中下部, 单层较鲁西南薄。

2) 在鲁西南建立 *Culisporites cochlearius*, *Leitroletes adnatus*, *Sinulatisporites sinensis* 组合, 通过比较研究该组合地质时代定为早二叠世中期; 两地区山西组都属于中期华夏植物群早期面貌, 都以蕨类孢子为主, 裸子植物花粉次之, 济阳拗陷裸子植物较鲁西南地区有所增加, 表明气候较鲁西南干旱;

3) 在山西组岩石地层对比, 生物组合特征分析的基础上, 辅以测井响应加以佐证, 提高了地层特征对比的准确性。

## 7. 致谢

感谢野外地质工作中孙强和任红阳同志给予的

协助, 感谢樊爱萍老师和徐凤琳、陈茹等同学在成文过程中提供的帮助。

## 参考文献 (References)

- [1] 周和仪. 山东北部晚古生代孢粉组合[A]. 中国含油气盆地地层古生物论文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1980: 1-17.
- [2] 刘汉男. 用现代地层学理论探讨华北二叠系划分对比中的几个问题[J]. 山东地质, 1995, 11(1): 12-17.
- [3] 蒋汉朝, 王明镇等. 山东济宁煤田(东区)晚古生代孢粉组合[J]. 地质科学, 2002, 37(1): 47-61.
- [4] 苏唯, 黄兴龙等. 山东滕县煤田石炭纪、二叠纪孢粉植物群及古气候[J]. 微体古生物学报, 2007, 24(1): 98-104.
- [5] 山东省地质矿产局. 山东省岩石地层[M]. 中国地质大学出版社, 1996: 169-170.
- [6] 李守军, 何文渊. 山东省中生代地层划分与对比[J]. 高校地质学报, 1997, 3(1): 87-93.
- [7] 李守军, 贺森等. 山东省中生代地层分区、划分与对比[J]. 地层学杂志, 2010, 34(2): 167-172.
- [8] 李守军, 王明镇等. 山东济阳拗陷古近纪的气候恢复[J]. 山东科技大学学报, 2003, 22(3): 6-9.
- [9] 王明镇, 张锡麒等. 鲁西地区早二叠世早、中期孢粉组合特征[J]. 山东科技大学学报, 2003, 22(2): 1-6.
- [10] 宋香锁, 王奎峰等. 山东聊城地区阿城镇煤田二叠纪孢粉组合[J]. 微体古生物学报, 2009, 26(3): 271-282.
- [11] 张淑芳, 郑增奇等. 山东省石炭 - 二叠 - 三叠纪岩石地层清理意见[J]. 山东地质, 1994, 10: 46-52.
- [12] 赵秀丽, 李守军等. 山东济阳拗陷二叠纪孢粉组合[J]. 微体古生物学报, 2006, 23(2): 165-174.
- [13] 李守军. 综合地层学在山东省中生代地层研究中的应用[J]. 山东地质, 1998, 14(4): 31-36.
- [14] 李增学, 魏久传等. 华北陆表海盆地南部层序地层分析[M]. 地质出版社, 1998: 7-8, 29.
- [15] 贾强, 吕大炜. 山东聊城石炭二叠系层序划分及海平面变化响应[J]. 西北地质, 2009, 42(2): 108-115.
- [16] 吕大炜, 李增学等. 华北晚古生代海平面变化及层序地层响应[J]. 中国地质, 2009, 36(5): 1080-1086.
- [17] 李增学, 魏久传等. 鲁西河控浅水三角洲沉积体系及聚煤集规律[J]. 煤田地质与勘探, 1995, 23(2): 7-12.
- [18] 王明镇, 李增学等. 鲁西 - 济阳石炭二叠系层序地层对比[J]. 煤田地质与勘探, 2003, 31(5): 1-3.