

文章编号:1001-1986(2006)06-0004-04

鄂尔多斯盆地西缘二叠系事件地层及其地球化学特征

徐黎明^{1,2}, 周立发¹, 邓 昆¹, 杨文敬²

(1. 西北大学地质系, 陕西 西安 710069; 2. 中石油长庆油田分公司, 陕西 西安 710021)

摘要:通过钻井岩心的观察及镜下岩矿鉴定, 同时依据地球化学和沉积学特征, 把区内发育的事件地层分为两类: 火山事件层和海退事件层, 其中太原组火山事件层和海退事件层各1层, 山西组火山事件层1层, 石盒子组火山事件层3层。所体现的常量、微量和稀土元素质量分数及岩石学特征具明显的差异。研究事件地层获得的成果, 可以为区域地层划分和对比提供更加准确的依据。

关键词:二叠系; 火山事件; 海退事件; 地球化学; 鄂尔多斯盆地

中图分类号:P534.45; P539.6 **文献标识码:**A

Geochemical characteristics of Permian event strata in western margin of Ordos Basin

XU Li-ming^{1,2}, ZHOU Li-fa¹, DENG Kun¹, YANG Wen-jing²

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China;

2. Changqing Oil Field Branch, CNPC, Xi'an 710021, China)

Abstract: It is of importance for gas prospecting that the section of Permian strata in the western margin of Ordos Basin has been systematically studied. Based on the research in terms of petrographic, sedimentological and geochemical data, event layers which can be divided into two types have been discovered. These are volcanic event layer and regressive layer, which are developed in Taiyuan Formation respectively, one volcanic event layer in Shanxi Formation and three in Shihezi Formation. Major element, trace element and rare earth element data exhibit considerable variability. The results indicate that the event layers are better tools for regional stratigraphic division and correlation.

Key words: Permian; volcanic event; regression event; geochemical; Ordos Basin

1 引言

事件地层学就是利用稀有的、突发的事件及其地质记录对比地层, 按自然特征确定地层界线, 是进行地层对比的关键标志, 也是进行盆地分析、构造岩相古地理重建和成藏(成矿)背景分析的依据, 具有重要的理论意义和应用价值^[1]。

鄂尔多斯盆地西缘及邻区经历了长期的构造演化, 它是鄂尔多斯地块、阿拉善地块、秦岭—祁连地块相互作用, 且经历了复杂的大陆内多期次造山及成盆作用而形成的复合型大陆内构造带, 形成了鄂尔多斯盆地周缘最复杂的物质组成单元及其空间复合结构型式(周立发, 2004)。鄂尔多斯盆地自早二叠世开始, 华北海与祁连海相通, 构成了统一的克拉通盆地, 西缘二叠世属早期前陆与克拉通拗陷演化阶段^[2-3], 中下二叠统经历的沉积体系为碎屑海岸沉积体系(太原组)、三角洲沉积体系(山西组、石盒子组)、河流沉积体系(山西组、石盒子组)和湖泊沉

积体系(石盒子组)。

一些学者在鄂尔多斯西缘贺兰山、桌子山和韦州等地的下二叠统太原组地层中发现了3个火山事件层, 其分布在华北地台也是广泛的^[4-6]。本次研究以鄂尔多斯西缘中段惠探1井事件地层为主(图1), 并结合前人资料, 对中下二叠统事件地层发生的层位、期次进行了系统研究。

2 太原组事件地层

2.1 海退事件层

太原组4106.94~4107.39 m为一煤层(图2), 其有机显微组分占62.6%, 粘土类34.89%, 硫化物0.5%, 碳酸盐1.84%, 氧化硅0.17%。其中显微组分中镜质组占93.07%, 半镜质组2.13%, 惰质组4.8%(样品由煤炭科学研究总院西安分院测试)。在该煤层形成前, 本区已开始发生大规模的海退。该煤层为海退后泥炭沼泽化而成^[7], 其依据如下:

a. 以该层为界, 上、下两段泥岩的地球化学特

收稿日期: 2006-04-05

基金项目: 国家重点基础研究发展项目(973项目)(编号2003CB214601)

作者简介: 徐黎明(1962—), 男, 浙江衢州人, 西北大学博士研究生, 高级工程师, 从事石油地质研究。

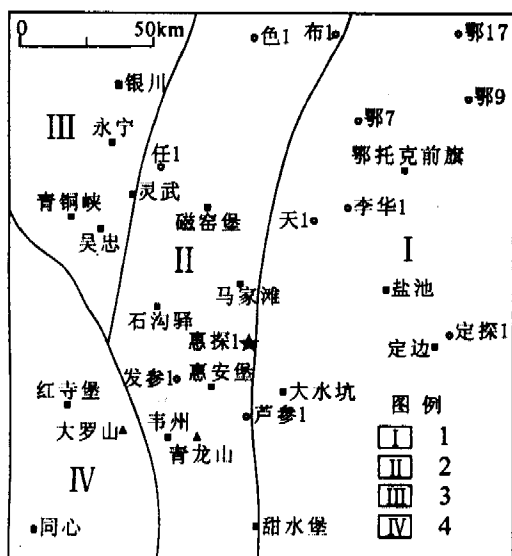


图 1 惠探 1 井位置图

Fig.1 Location map of Well Huitan1

1——鄂尔多斯地块; 2——西缘褶皱带; 3——贺兰构造带;
4——走廊冲断构造带

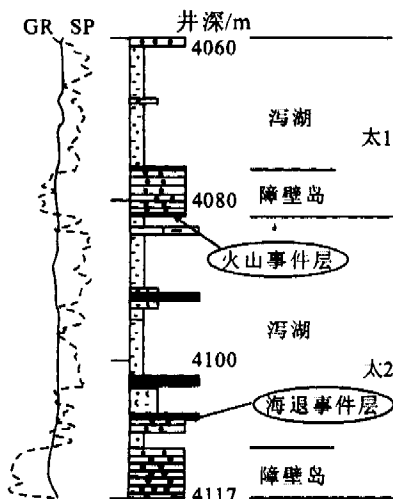


图 2 太原组沉积岩电特征及事件层位置

Fig.2 Location of event layers and the sedimentary facies - log response of Taiyuan Formation

征显著不同(图 3)。太原组下段泥岩相对于上段泥岩具有低 Ba、Rb、Sr 高 Zr、Co 的特点。

b. 上、下两段 $w(\text{Sr})/w(\text{Ba})$ 值和 $w(\text{Sr})/w(\text{Zr})$

值差别显著,上段泥岩以低 $w(\text{Sr})/w(\text{Ba})$ 值和高 $w(\text{Sr})/w(\text{Zr})$ 值为特征,而下段泥岩正好相反。这说明太原组以 4 107 m 煤层为界,上下两段在水体盐度和水体深度方面存在着显著不同,从下至上,整体反映水体变浅、盐度降低的环境变化特点。

c. 在太原组上段,泥晶菱铁矿发育,为弱还原条件产物,其岩相环境为海陆交互的泻湖相环境^[8],是海退以后形成。

2.2 火山事件层

太原组 4 081.8 ~ 4 081.85 m(图 2),其岩性为蚀变凝灰岩,呈蚀变凝灰质结构,见尖刀状石英晶屑,铁方解石交代凝灰质强烈,成隐晶不规则团块,大小 0.2 ~ 1.5 mm,居于 0.3 ~ 0.6 mm 的最多,具十字消光或放射状消光特征;其方解石呈显微放射状毛发状,亦呈不规则团块,石英有一半为火山石英,部分是硅化玻屑蚀变而来,岩性为中酸性喷发岩,部分燧石化或伊利石化,大部分玻屑方解石化,但玻屑外形还在。偶见可疑的介形虫,腕足碎片。

代表样品 N051,其 SiO_2 的质量分数为 26.78%, CaO 为 26.79%。 ΣREE 较高,为 163.81×10^{-6} , LREE 明显富集, HREE 质量分数均一, LREE/HREE 为 9.61,大致与全球流纹岩、英安岩及安山岩等中酸性火山岩相当^[9]。分配模式呈右倾型,曲线左高右低(图 4)。 $w(\text{La})/w(\text{Yb})$ 为 13.36, $w(\text{La})/w(\text{Sm})$ 值为 3.87,反映 LREE 的分馏程度大。 $w(\text{Gd})/w(\text{Yb})$ 值 2.81,反映 HREE 分馏程度小。 δEu 为 1.03,轻微正异常; δCe 为 0.96,轻微负异常,为弱还原环境。 $w(\text{Th})/w(\text{Ta})$ 值 11.03,一般认为 $\text{Th} > \text{Ta}$ 是陆壳环境具有的特征^[10]。Co 质量分数 22.82×10^{-6} ,与地壳丰度 25×10^{-6} 相近,亲石元素 Rb、Li、Ba 等与地壳丰度相差不大,显示为壳源。Sr、Mn、Fe 和 P 质量分数高,显示为海陆过渡相,呈有机质高的弱还原环境, $w(\text{V})/w(\text{V} + \text{Ni})$ 为 0.669,也指示贫氧环境(表 1、2、3)。

由图 4 可以看出,样品 N051 的稀土元素分配模式和呼鲁斯太下部的胡 1 层、乌达地区的乌 13 层和

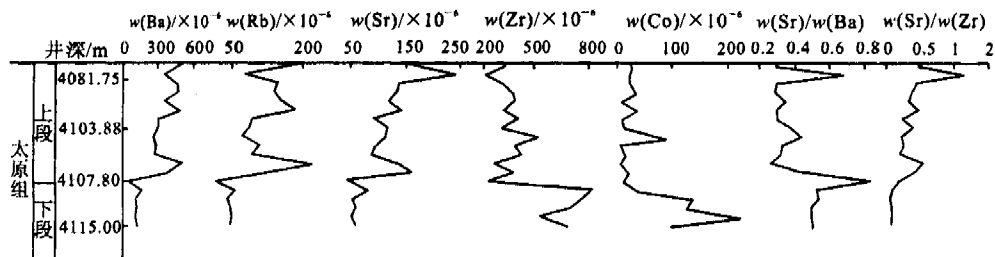


图 3 太原组微量元素地球化学剖面图

Fig.3 Trace element profiles of Taiyuan Formation

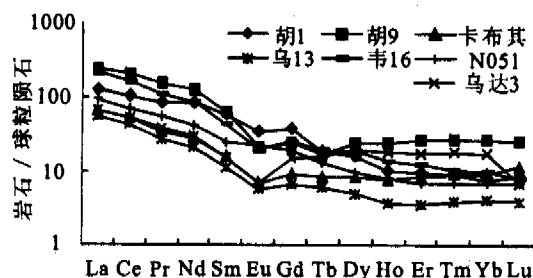


图 4 鄂尔多斯西缘太原组火山事件层 REE 分配模式
(部分数据引自文献[4])

Fig.4 REE distribution pattern of volcanic event layers in Taiyuan Formation, the western margin of Ordos Basin

韦州地区的韦 16 号样品基本相似,因此可以推断上述地区太原组的火山事件地层属于同一次火山喷发的沉积产物。

3 山西组火山事件地层

该层位于山西组山 2 段(4 033 m),岩性为双屑沉凝灰岩,具蚀变凝灰质结构,见较丰富的陆源碎屑颗粒,以石英、千枚岩等为主,晶屑有石英、云母等,纹层绕过云母碎片,菱铁矿呈结核状分布,铁方解石交代作用强烈,达 70%。

4 石盒子组火山事件地层

石盒子组火山事件地层主要分布于下石盒子亚组,自下而上可划分为 3 层:分别位于井段 3 953 ~ 3 954 m(第 1 事件层),3 937 m(第 2 事件层)和 3 872.6 ~ 3 883.13 m(第 3 事件层)。

4.1 岩石学特征

第 1 事件地层:样品 S021、S022,为含泥中一粗粒岩屑石英砂岩,碎屑定向分布,颗粒间成线一凹凸接触,蚀变火山灰充填大部分空隙。

第 2 事件地层:样品 S018,为双屑沉凝灰岩。呈蚀变凝灰质结构,凝灰质胶状水云母化,其中陆屑 40%,以石英、长石、千枚岩、泥板岩为主,晶屑以石英、长石、云母等为主,玻屑蚀变强烈,岩屑、玻屑、晶屑及凝灰质等铁方解石化强烈。

第 3 事件地层:样品 S007—S015,上部为含蚀变火山灰不等粒岩屑砂岩,凝灰质质量分数不等,介于 13% ~ 26.6% 之间。凝灰质以填隙物形式存在,多数已发生蚀变;塑性组分变形强烈,部分碎屑形态不规则或具溶蚀港湾状边缘。下部为双屑沉凝灰岩,具蚀变凝灰质结构,凝灰质胶状水云母化,陆屑丰富,约占 40%,以石英为主,并见长石、千枚岩等碎屑,晶屑以云母、长石、石英为主,层理发育,具粒序层理。

4.2 岩石地球化学特征

由表 1 可以看出,石盒子组火山事件层石英的质量分数较高,介于 61.44% ~ 92.76% 之间,由于铁方解石交代凝灰质,总铁的质量分数相对较高,介于 0.29% ~ 4.33% 之间,样品的 K_2O 质量分数普遍高于 Na_2O 。

第 1 火山事件层的样品 ΣREE 较低, LREE 和 HREE 分异度小, LREE/HREE 为 8.96 ~ 9.60。S021 样品呈现微弱的 Eu 负异常, S022 样品表现为明显的 Eu 正异常,但两块样品 δCe 为 1.21 ~ 1.24 均呈正异常(图 5),为典型的中性安山质火山事件沉积,指示氧化环境。 $w(La)/w(Yb)$ 为 8.55 ~ 9.43, $w(La)/w(Sm)$ 值 2.92 ~ 3.42, $w(Gd)/w(Yb)$ 值 1.97 ~ 2.06。亲石元素和亲铁元素总体也显示火山灰来自壳源。

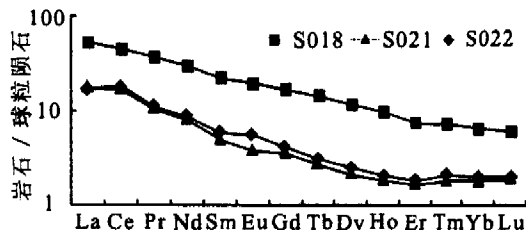


图 5 惠探 1 井石盒子组 2、3 火山事件层 REE 分配模式
Fig.5 REE distribution pattern of 2 and 3 volcanic event layers in Shihezi Formation, Well Huitan1

第 2 火山事件层为双屑沉凝灰岩, SiO_2 质量分数为 71.89%, CaO 质量分数为 8.97%。其 ΣREE 较高,为 124.24×10^{-6} , LREE/HREE、 $w(La)/w(Yb)$ 、 $w(La)/w(Sm)$ 和 $w(Gd)/w(Yb)$ 等特征值表明 LREE 富集, δEu 和 δCe 基本无异常,分配模式为一右倾的直线,与安山质火山岩的分配模式相似(图 5),微量元素特征也显示来自于壳源(表 1、2、3)。根据里特曼指数 $\sigma = (Na_2O + K_2O)^2 / (SiO_2 - 43)$, 样品 σ 值为 0.043,属钙碱性系列。

第 3 事件层的大部分为含火山灰砂岩,其 ΣREE 变化很大,介于 $68 \times 10^{-6} \sim 248.69 \times 10^{-6}$ 之间, LREE/HREE 变化在 7.88 ~ 21.08,差别较大; δEu 变化在 0.37 ~ 0.81 之间,呈明显负异常。 δCe 介于 0.93 ~ 1.07,异常不明显。参照 $w(La)/w(Yb)$ 、 $w(La)/w(Sm)$ 和 $w(Gd)/w(Yb)$ 等值,整个事件层都呈现 LREE 富集,且分异明显, HREE 分异不明显,分配模式为右倾型,与上地壳物质的分配模式一致。同时随着凝灰质质量分数的增加,表现为 ΣREE 降低, LREE 分异度和 Eu 负异常减小的特征。

微量元素的分布一般与含金属物质和陆源碎屑的输入相联系^[11],石盒子组第 1 和第 3 事件层主要

表1 火山事件层常量元素质量分数统计表 $w_B/\%$ Table 1 Major element data (in $w_B/\%$) for volcanic event deposits

样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	凝灰质
S007	80.4	1.32	9.76	2.68	0.05	0.28	0.71	0.49	1.22	0.03	3.47	13.00
S008	80.49	0.35	10.96	1.49	0.04	0.22	0.78	0.21	1.32	0.01	3.77	15.80
S009	80.02	1.46	10.17	2.46	0.04	0.31	0.53	0.21	1.28	0.02	3.45	17.00
S010	85.49	1.62	5.74	1.52	0.05	0.22	1.15	0.24	0.71	0.02	2.83	13.00
S011	84.07	0.28	9.34	1.16	0.01	0.18	0.19	0.30	1.13	0.01	2.96	13.20
S012	83.33	0.14	9.23	1.76	0.03	0.23	0.45	0.30	0.93	0.01	3.11	17.40
S014	76.37	0.23	6.90	0.73	0.23	0.15	6.51	0.68	0.80	0.01	6.97	18.00
S015	61.44	0.44	22.39	4.33	0.03	0.58	0.34	0.48	3.03	0.02	6.71	26.60
S018	71.89	0.16	6.38	1.40	0.37	0.22	8.97	0.03	1.08	0.02	8.99	>50
S021	92.76	0.11	3.65	0.29	0.04	0.07	1.02	0.08	0.59	0.01	1.80	9.40
S022	88.06	0.04	5.47	0.29	0.06	0.10	1.75	0.08	0.59	0.01	3.05	8.80
N051	26.78	0.42	8.74	6.63	0.14	0.94	26.79	0	1.51	0.22	27.6	

注:样品由西北大学大陆动力学实验室X荧光光谱(XRF)分析测定。

表2 火山事件层稀土元素参数数据表 $w_B/10^{-6}$ Table 2 Rare earth element data (in $w_B/10^{-6}$) for volcanic event deposits

样号	Σ REE	LREE/HREE	δ Eu	δ Ce	$w(\text{La})/w(\text{Yb})$	$w(\text{Gd})/w(\text{Yb})$	$w(\text{La})/w(\text{Sm})$
S007	187.69	10.43	0.50	0.96	12.76	2.10	4.64
S008	113.63	13.92	0.62	1.06	16.52	2.04	6.22
S009	142.15	11.39	0.51	0.96	12.80	1.78	5.21
S010	248.69	18.59	0.37	0.99	25.64	2.63	7.16
S011	127.68	21.02	0.57	0.99	30.01	3.02	6.95
S012	112.74	19.10	0.59	1.07	25.00	2.97	5.71
S014	68.00	12.58	0.40	0.99	13.40	1.84	5.07
S015	87.62	7.88	0.81	0.93	8.78	1.80	3.63
S018	124.24	6.12	0.99	1.01	7.73	2.50	2.35
S021	34.65	9.60	0.87	1.21	9.43	1.97	3.42
S022	37.61	8.96	1.13	1.24	8.55	2.06	2.92
N051	163.81	9.61	1.03	0.96	13.36	2.81	3.87

注:样品由西北大学大陆动力学实验室采用 ELAN6100DRC 等离子体质谱仪测定,该仪器质谱采用 PE 公司的新一代 ICP-MS。

表3 火山事件层微量元素参数数据表 $w_B/10^{-6}$ Table 3 Trace element data (in $w_B/10^{-6}$) for volcanic event deposits

样号	Rb	Ba	Sr	Li	V	Cr	Co	Ni	Th	Ta
S007	60.84	208.87	58.53	0.74	59.74	34.62	322.54	17.20	21.54	0.74
S008	62.15	196.77	57.85	2.40	34.26	25.63	326.91	14.10	5.33	0.19
S009	60.91	230.35	62.11	4.86	52.45	45.06	360.59	19.28	18.25	0.48
S010	32.92	137.59	60.27	9.57	53.88	41.88	466.26	11.05	37.40	1.03
S011	49.02	177.03	57.39	2.82	28.69	30.32	393.35	10.38	4.99	0.06
S012	39.74	154.61	59.43	1.48	34.54	15.61	376.93	12.58	3.78	0.07
S014	28.45	350.28	54.01	1.58	16.88	12.17	452.52	6.14	7.45	0.14
S015	40.14	176.79	118.13	15.11	25.78	22.36	341.86	9.41	4.37	0.60
S018	56.76	91.34	147.24	14.14	19.11	15.43	330.21	15.44	4.84	0.61
S021	28.19	35.69	24.87	0.98	7.91	17.17	822.51	5.30	2.96	0.09
S022	28.01	39.74	29.67	0.96	8.52	19.09	672.31	6.43	2.34	0.19
N051	74.85	353.10	241.92	13.54	35.22	28.61	22.82	17.45	7.06	0.64

注:样品由西北大学大陆动力学实验室采用 ELAN6100DRC 等离子体质谱仪测定,该仪器质谱采用 PE 公司的新一代 ICP-MS。

为含火山灰碎屑岩,因此,使用微量元素时应考虑沉积环境等因素。

5 结论

鄂尔多斯西缘二叠系事件地层的研究成果,可以为该区区域地层划分、地层对比的厘定提供更加

准确的依据。这主要体现在:

太原组发育海退事件层和火山事件层各1层,海退事件以4107 m煤层为界,其上、下两段泥岩的地球化学特征显著不同,该煤层为海退后泥炭沼泽化形成。火山事件层岩性为碳酸盐蚀变凝灰岩,其稀土元素特征为轻稀土富集,微量元素也显示太原

文章编号:1001-1986(2006)06-0008-04

内蒙古中部石拐侏罗纪陆相含煤盆地构造变形

杜菊民¹,张庆龙¹,杜松金²,徐士银¹,毕素萍¹

(1. 南京大学地球科学系, 江苏 南京 210093;

2. 山东冶金勘察总局山东正元资源勘察院, 山东 济南 250014)

摘要:对华北陆块北缘大青山推覆构造前缘石拐侏罗纪陆相含煤盆地的构造进行了分析。结果表明:早侏罗世早期,石拐盆地受NNE-SSW方向的拉张作用力,形成近东西走向的断陷盆地,而后沉积了早-中侏罗世五当沟组含煤沉积;中侏罗世末受近东西向挤压,在早先沉积地层中形成一套共轭节理;晚侏罗世受大青山推覆构造影响,盆地内侏罗系形成一系列代表推覆构造体系前缘带的紧闭同斜-直立宽缓褶皱及断层相关断层,具明显构造分带性。早侏罗世早期的拉张可能是印支造山后地壳的伸展垮塌,而晚侏罗世的挤压可能是板缘碰撞的板内响应。

关键词:石拐盆地;构造应力;推覆构造;内蒙古大青山

中图分类号:P618.1102;P542 **文献标识码:**A

Tectonic deformation of Jurassic Shiguai coal basin in central Inner Mongolia

DU Ju-min¹, ZHANG Qing-long¹, DU Song-jin², XU Shi-yin¹, BI Su-ping¹

(1. Department of Earth Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2. Shandong Bureau of China Exploration and Engineering Bureau, Jinan 250014, China)

Abstract: Through the analysis of typical structures formed in Shiguai basin on the front of Daqingshan nappe system, it is indicated that in the early of Early Jurassic the NNE-SSE trending extension stress controlled the basin and formed the nearly east-trending fault basin, then the coal-bearing Wudanggou Formation deposited. In the end of Middle Jurassic, Shiguai basin endured the near east-west trending pressure and formed a series of conjugate joints. During the Late Jurassic episode, controlled by the Daqingshan nappe structure, a series of close isoclinal folds and open folds and fault-related folds was formed in the sedimentary blanket. The early Early Jurassic extension would be the result of collapse of the crust thickened during Indosinian orogenic movement, and the late Late Jurassic pressure would be the intraplate response of collision on plate margin.

Key words: Shiguai basin; tectonic stress; nappe structure; Daqingshan, Inner Mongolia

收稿日期:2006-04-17

作者简介:杜菊民(1979—),男,江苏金坛人,南京大学地球科学系博士研究生,从事构造地质学研究。

组为海陆过渡相环境。山西组火山事件层岩性为双屑沉凝灰岩。石盒子组发育3层火山事件层,第1和第3事件层主要为含火山灰碎屑岩,其稀土元素质量分数变化大;第2事件层为双屑沉凝灰岩,其轻稀土元素富集。地球化学特征显示二叠系火山碎屑来自于地壳。

参考文献

- [1] 王鸿桢.中国层序地层研究[M].广东科技出版社,2000.
- [2] 杨俊杰.鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M].北京:石油工业出版社,2002.
- [3] 郭英海,刘焕杰.鄂尔多斯地区晚古生代的海侵[J].中国矿业大学学报,1999,28(2):126-129.
- [4] 彭格林,钟蓉.华北西缘太原组火山事件沉积的发现及太原组地层对比[J].现代地质,1995,9(1):108-118.
- [5] 钟蓉,孙善平,付泽明.华北地台北溪组、太原组火山事件沉积特征及时空分布规律[J].地质力学学报,1996,3(1):83-91.
- [6] 劳林娟.太原西山太原组蚀变流纹质沉凝灰岩的发现[J].煤田地质与勘探,1994,22(1):9-11.
- [7] 李增学,余继峰,郭建斌.华北陆表海盆地海侵事件聚煤作用研究[J].煤田地质与勘探,2002,30(5):1-5.
- [8] 刘家铎,田景春,张翔,等.鄂尔多斯盆地北部塔巴庙地区山西组一段海相、过渡相沉积标志研究及环境演化分析[J].沉积学报,2006,24(1):36-41.
- [9] 周安朝,贾炳文,马美玲,等.华北板块北缘晚古生代火山事件沉积的全序列及其主要特征[J].地质评论,2001,47(2):175-184.
- [10] 贾炳文,谷东起.晋中冀西太原组中段火山事件层岩矿地化特征及其意义[J].沉积学报,1998,16(3):85-91.
- [11] Richard W M, Marilyn R B, David C G, et al. Rare earth, major, and trace elements in chert from the Franciscan Complex and Monterey Group, California: Assessing REE sources to fine-grained marine sediments[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1991,55:1875-1895.