

# 鄂尔多斯盆地多种能源矿产分布及其构造背景

邓 军<sup>1,2</sup>, 王庆飞<sup>1,2</sup>, 高帮飞<sup>1,2</sup>, 徐 浩<sup>1,2</sup>, 周应华<sup>1,2</sup>

1. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083

2. 中国地质大学岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室, 北京 100083

**摘要:** 借助“成矿系统”的思维, 探讨鄂尔多斯盆地成矿(藏)系统形成机制及其构造背景. 盆地于中生代处于大地构造体制转折的重要阶段, 盆地边缘的造山活动显著, 盆内亦分别于晚三叠世、晚侏罗世与晚白垩世左右发生过3次构造热事件. 区域构造体制转换事件导致了多种成藏(矿)作用的发生. 盆地内部的构造热事件引发了有机流体的活动, 周缘造山作用产生了向盆内流动的无机含铀热液. 有机和无机流体的活动过程中存在相互作用, 有机流体的存在形成氧化-还原障, 导致无机流体关键物理化学参数的转变, 在氧化-还原界面处成矿. 突变成矿和界面成矿是多种能源矿产成矿过程的主要机制.  
**关键词:** 鄂尔多斯盆地; 多种能源矿产; 造山作用; 界面成矿.

中图分类号: P617; P542

文章编号: 1000-2383(2006)03-0330-07

收稿日期: 2005-07-15

## Distribution and Tectonic Background of Various Energy Resources in Ordos Basin

DEN G Jun<sup>1,2</sup>, WANG Qing-fei<sup>1,2</sup>, GAO Bang-fei<sup>1,2</sup>, XU Hao<sup>1,2</sup>, ZHOU Ying-hua<sup>1,2</sup>

1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

2. Key Laboratory of Lithosphere Tectonics and Lithoprobeing Technology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

**Abstract:** The formation process of the various energy resources coexisting system and its regional tectonic background in Ordos basin are analyzed by introducing the “metallogenic system” theory in this paper. The Mesozoic is the important transition period of the regional tectonic regime, during which the orogeny is outstanding around the basin and three tectothermal events took place in the basin. The transition of the tectonic regime induces the occurrence of various accumulating processes of the inorganic and organic fluids, for example, the organic fluid in the basin is activated by the tectothermal events and the inorganic fluid flowing towards the basin is produced due to the orogeny. The reciprocity between the inorganic and organic fluids happens during their transporting. The existence of the organic fluid produces the redox barrier, which causes the mutation of the physicochemical parameters of the inorganic fluid and the precipitation of the uranium element at the interface. The mutation and interface effects are obvious in the formation of the various energy resources.

**Key words:** Ordos basin; various energy resources; orogeny; interface mineralization.

## 0 引言

鄂尔多斯盆地是中国重要的多种能源矿产共存盆地之一, 盆内的有机矿产包括煤、油气、煤层气等, 无机矿产以铀矿为主. 查明盆地内多种能源矿产时

空分布规律及其受控因素, 对建立盆地多种能源矿产共存系统的协同勘探模式和指导油气勘探有着重要意义.

共存系统是指特定地质环境下无机和有机成矿过程相互作用而导致无机、有机等多种能源矿产共

基金项目: 国家重点基础研究规划项目 (No. 2003CB214600); 教育部科学技术研究重点项目 (No. 0318); 教育部跨世纪人才基金项目.

作者简介: 邓军 (1958-), 男, 教授, 博士生导师, 矿床学和构造地质学专业, 主要从事区域构造、成矿流体及成矿动力学的教学和科研工作.

E-mail: djun@cug.edu.cn

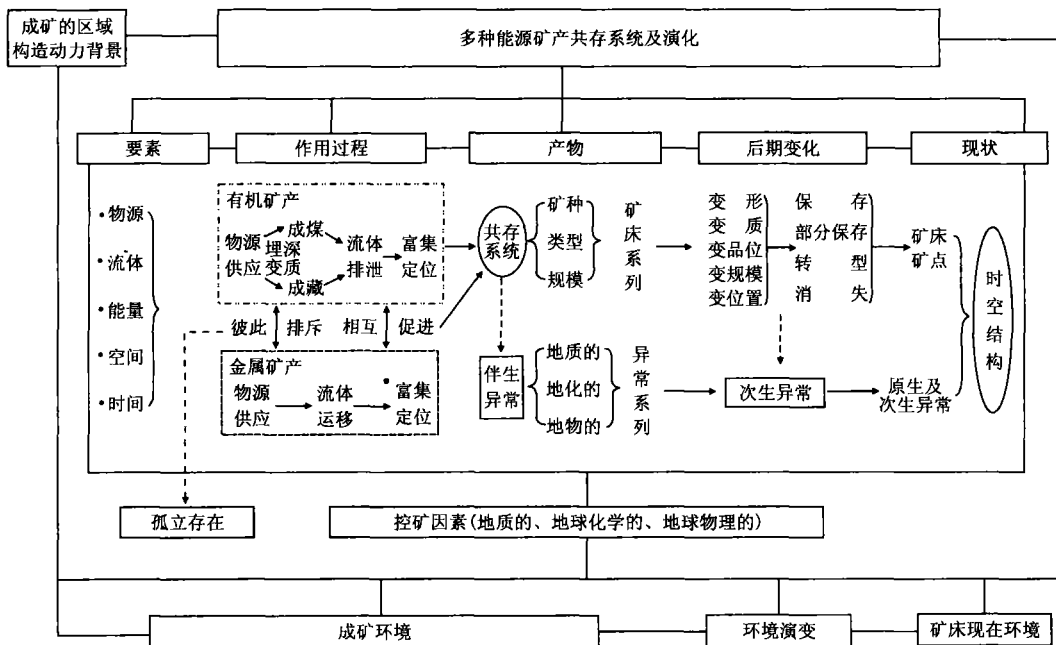


图 1 多种能源矿产共存系统演化框架(据翟裕生等,1999 改编)

Fig. 1 Evolution of coexisting system of various energy resources

生与共存的一个自然系统(图 1)。因此,需要引入系统论的思想来分析。

“成矿系统”理论是矿床学研究的一个重要课题。成矿系统是指在一定的时空域中,控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用动力过程,以及所形成的矿床系列、异常系列构成的整体,是一个具有成矿功能的自然系统(翟裕生等,1999)。成矿系统是在矿床成因研究的基础上,着重从成矿时间、空间、物质、运动的有机结合上,探讨区域尺度的成矿规律。其研究意义是深入认识成矿动力学机制,指导矿产勘查。“成矿系统”理论是矿床学向系统化、全球化发展的一种趋势,因此可以作为分析鄂尔多斯盆地多种能源矿产共存系统时空结构的基本理论。借助“成矿系统”的思维,本文主要探讨区域构造演化对盆地成矿(藏)作用的控制作用。

### 1 大地构造演化与盖层变形

鄂尔多斯盆地四周均与造山带交界(图 2),北面为兴蒙造山带,南面是秦岭造山带,西边界为贺兰山—六盘山,东边界为吕梁山。现今盆地可分为伊盟隆起、晋西挠褶带、陕北斜坡、渭北隆起、天环坳陷、西缘冲断带等 6 个构造单元(图 3)。陕北斜坡是盆地的主体,也是多种能源矿产赋存的主要单元。受周

边活动带长期活动的影响,陕北斜坡内部变形微弱,地层倾角较缓;盆内仅局部发育小型逆冲断层、短轴背斜、垂直节理等大量中、小型构造形迹。陕北斜坡边缘构造复杂,如北缘伊盟隆起地层倾角较大,西缘冲断带变形则更为强烈。

盆地周缘造山带经历了多期演化,并导致了盆地内部古地理格局的数次转型。早古生代,鄂尔多斯台地受南北两侧的秦岭和兴蒙两大海盆活动的制约;至晚古生代,鄂尔多斯地块主要受到南、北侧扬子板块、西伯利亚板块的强烈挤压,而使块体内部古地理格局呈现南北高、中间低的特征。至中生代,盆地西缘三角形态的阿拉善地块受南北向挤压向东滑动,对盆地西缘造成向东的挤压(Liu, 1998),与此同时,东边界由于古太平洋俯冲作用而受到向西的挤压,在这种东西向挤压力的作用下,盆地前期南北分带的古地理格局逐步转变为东西分带的格局。中生代早期盆地主要受特提斯构造域的影响,至中晚期太平洋构造域的影响逐渐加强,受到中国东部岩石圈减薄的影响。此时,鄂尔多斯盆地周缘造山作用与盆地构造热时间较为活跃,盆地分别于晚三叠世、晚侏罗世与晚白垩世左右发生过 3 次构造热事件(孙少华等,1997),其中中生代中晚期的构造热事件较为强烈(任战利,1995);中生代晚期,伴随着强烈的造山活动,岩浆侵入也较为活跃,如在东缘存在 125 Ma 左

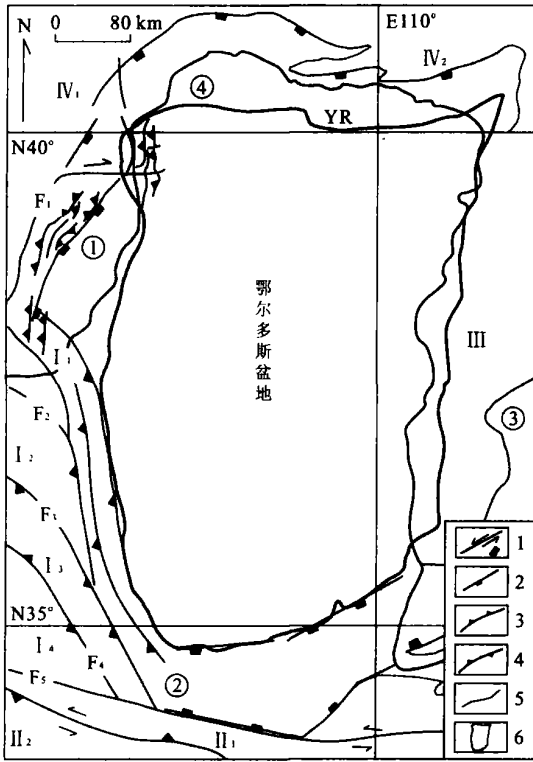


图 2 鄂尔多斯盆地大地构造图(据 Liu, 1998; Brian and Bradley, 2002 修编)

Fig. 2 Tectonic map of Ordos basin

1. 贺兰山-六盘山构造带; 2. 北祁连造山带; 3. 中祁连造山带; 4. 南祁连构造带; 1. 北秦岭造山带; 2. 南秦岭造山带; 3. 吕梁山; 4. 狼山; 5. 大青山; F<sub>1</sub>. 得力记剪切带; F<sub>2</sub>. 马鞍山-靖远断裂; F<sub>3</sub>. 北祁连断裂; F<sub>4</sub>. 北祁连-北秦岭缝合带; F<sub>5</sub>. 宝鸡-洛阳-栾川断裂; YR. 黄河; 1. 走滑断裂; 2. 山前正断层; 3. 逆冲断层; 4. 缝合带; 5. 地质界线; 6. 鄂尔多斯盆地边界(盆地边界据重力梯度带划定); 7. 银川地堑; 8. 渭河地堑; 9. 山西地堑; 10. 河套盆地

右侵入的紫金山碱性岩体,而在西缘亦可在煤层附近观测到燕山期中酸性岩枝(汤达祯等,1992).喜马拉雅期,由于印度-亚洲板块的碰撞和太平洋板块向欧亚板块俯冲的远程效应,鄂尔多斯盆地的南北缘均受到左行剪切,而发育多个断陷盆地(图 2).

## 2 石油

鄂尔多斯盆地含油层系为侏罗系和三叠系延长组(表 1),分别属古地貌河流砂岩油藏和河控湖泊型三角洲油藏.其生油岩系为三叠系延长组,为一套河湖相沉积,其中,长 7 湖盆范围大,水体深,发育半深湖—深湖相沉积,岩性以深灰、灰黑色泥页岩、油页岩为主,富含有机质,为主要生油层段.盆地中生代有 2



图 3 鄂尔多斯盆地多种能源矿产分布图(据魏永佩和欧阳自远,2004;长庆油田公司勘探开发研究院,2001 编制)

Fig. 3 Distribution map of various energy resources in Ordos basin

1. 侏罗纪石油; 2. 延长组石油; 3. 天然气; 4. 轴; 5. 延长组生油坳陷; 6. 延长组展布区

次成藏作用,一次在早白垩世末期(约 122 Ma),一次在晚白垩世末期至早第三纪初期(约 78 Ma).盆地油气运移成藏与构造抬升事件有关.在晚侏罗世和晚白垩世末期盆地分别发生过 2 次构造抬升剥蚀事件,其中晚白垩世末期的剥蚀地层厚度达 1 520 m.

## 3 天然气

盆地天然气资源除直罗油田三叠系油顶气藏以外,绝大部分天然气藏都分布于上、下古生界.盆地内部的弱构造变形特征使盆内气藏主要分布于岩性圈闭之内.

上古生界低孔、低渗致密储层背景下发育的浅水三角洲分流河道、河口砂坝、边滩等高孔、高渗储集砂体控制了盆地气藏的产出.鄂尔多斯盆地上古

邱领军等,2003.鄂尔多斯盆地喜山期构造运动与油气成藏研究(报告).

表 1 鄂尔多斯盆地多种能源矿产分布  
Table 1 Distribution of various energy resources in Ordos basin

时代	地层	矿产	盆地演化阶段	古地理演化	气候	沉积相	沉积环境	南缘	北缘	西缘	东缘
Q			盆地周陷形成			风成					
N		河湖相									
E		河湖相									
K	K <sub>1j</sub>	◇	鄂尔多斯盆地形成		干旱	河湖相	氧化还原环境				
	K <sub>1lh</sub>	◇				河相					
	K <sub>1l</sub>					河相					
	K <sub>2y</sub>					河、洪积相					
J	J <sub>3f</sub>		大鄂尔多斯盆地			河相	还原环境		阴山构造岩浆带形成		
	J <sub>2a</sub>					湖相					
	J <sub>2z</sub>	◇ □ ○				河相					
	J <sub>1-2y</sub>	◇ ○				湖相为主					
	J <sub>1f</sub>	○									
T	T <sub>3y</sub>	□ ○ ○	华北内陆盆地	北高南低	温暖潮湿	河湖相	还原环境				
	T <sub>3t</sub>					河湖相					
	T <sub>3z</sub>	◇				湖相					
	T <sub>2h</sub>	◇				河湖相					
	T <sub>1l</sub>					河相					
P	P <sub>2sh</sub>		华北浅海盆地			河湖相	还原环境	陆-陆全面碰撞	陆陆碰撞		
	P <sub>2s</sub>	○				湖相					
	P <sub>1sh</sub>	○				陆相沼泽					
	P <sub>1s</sub>	□ ○									
C	C <sub>3t</sub>	□ ○	整体剥蚀		干旱	海陆交互相	弱还原环境	点接触	板块扩张		
	C <sub>2b</sub>	□									
D			隆坳相间					收敛俯冲			
S											
O	O <sub>3f</sub>	○				陆表海					
	O <sub>1m</sub>	○	海相								
	O <sub>1y+1</sub>										
E			主体为陆			海相					
Z						海相					

◇ 铀 □ 煤 ○ 石油 ○ 天然气

据张国伟等(2001);杨俊杰(2002);殷洪福等(1999);郭进京等(1995);张抗(1989);李双林和欧阳自远(1998);高计元等(2001);党舜(2003);魏永佩和王毅(2004)及文献②、③、④等编制。

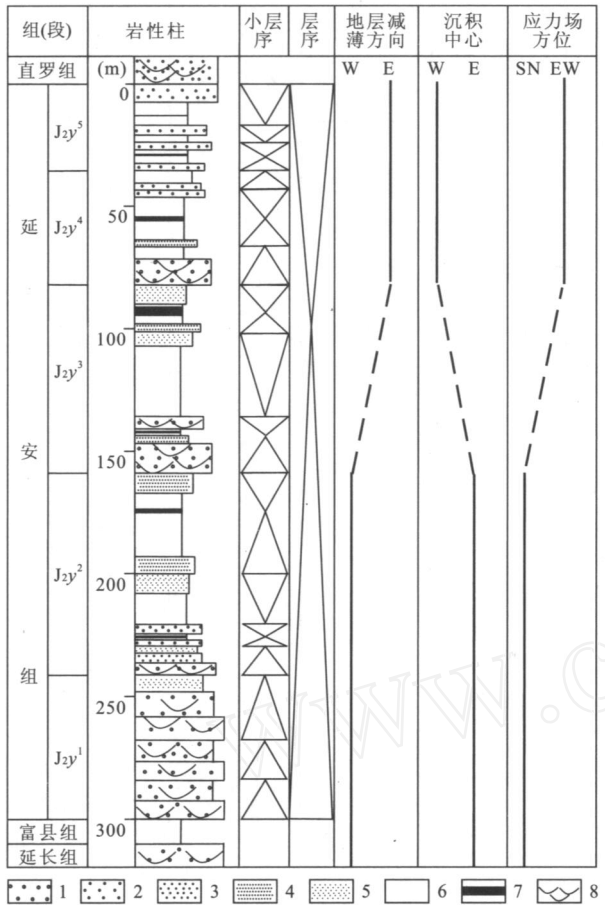
生界烃源岩从早、中侏罗世开始排除天然气,至晚侏罗世-早白垩世达到生烃高峰;根据李剑等(2005)对榆林气田烃源岩的埋藏史及各时期的温度分析认

为,晚三叠世末烃源岩开始生、排烃,侏罗纪末基本达到生气高峰,早白垩世的迅速沉降使温度迅速增高,继续大量生、排气。包裹体均一温度显示 90~170 均有烃类流体活动,说明天然气成藏是多期过程,相对来说主要有 4 个温度段:第 1 个温度段是 90~110 ,对应于晚三叠世末至早侏罗世;第 2 个

王新明,陈孟晋,李填顺,等,2003. 鄂尔多斯盆地中生代盆地演化与预探区带优选.  
国土资源部地质勘察司,2003. 鄂尔多斯盆地铀矿资源及勘探开发潜力研究.  
国土资源部地质勘察司,2003. 鄂尔多斯盆地煤层气资源及勘探开发潜力研究.

表2 鄂尔多斯盆地侏罗纪构造体制转换与煤形成  
(王双明, 1996; 王超勇等, 2004)

Table 2 Relationship of the formation of Jurassic coal and the transition of tectonic regime in Ordos basin



1. 含砾砂岩; 2. 粗砂岩; 3. 中砂岩; 4. 细砂岩; 5. 粉砂岩; 6. 泥岩; 7. 煤层; 8. 槽状交错层理

温度段是 120 ~ 130 °C, 对应于中侏罗世; 第 3 个温度段是 140 ~ 150 °C, 对应于晚侏罗世; 第 4 个温度段是 170 °C, 对应于早白垩世末。下古生界气藏多分布于奥陶系风化壳附近, 严格受风化壳古地貌和岩溶储层控制, 其气源岩为奥陶系海相沉积的藻白云岩、暗色石灰岩、黑色泥岩和煤层; 气源岩于早三叠世末期进入成熟阶段, 在中侏罗世开始充注(王龙樟等, 2005), 至早白垩世达到生气高峰。

而盆地边缘构造变形强烈的油气藏多受构造控制。如西缘冲断带的逆冲推覆构造体下盘与断裂坡折带多为油气藏赋存的场所。

## 4 煤

盆地煤主要有石炭 - 二叠纪煤和侏罗纪煤, 分布

于本溪组、太原组、山西组和延安组(表 2), 经受了不同的煤变质作用, 导致煤级和煤生烃作用的差异。

煤分布于构造转换的时空界面上。以侏罗纪煤为例, 成煤前后, 区域应力场由 NS 挤压向 EW 向挤压转换。盆地古地理格局也因此发生由南北高中间低向东高西低的转化, 沉积中心由东部乌审旗向西部环县迁移(张泓等, 1995), 地层由西向东减薄(表 2)。由表 2 可见, 煤层产层序的转换面上, 成煤有利的充填序列表现为上下粗、中间细的粒序特征。具体而言, 体系域的转换面成煤较好, 小层序组间的转换面次之, 小层序组内转换面成煤最差(王双明, 1996)。聚煤区常常受控于构造转折部位, 延安组煤层的总体平面形态呈带状分布, 处于盆缘上升区和盆心沉降区的转折部位。

## 5 铀矿

鄂尔多斯盆地含铀地层包括石干峰组、刘家沟组、和尚沟组、直罗组、华池组、环河组、罗汉洞组和泾川组等。铀矿可分为同生型和砂岩型 2 类, 以砂岩型为主。同生型铀矿是指铀元素被有机质吸附而在特定层位富集, 铀源有 2 种, 变质岩和岩浆岩。砂岩型铀矿为含铀中低温热液活动所致(肖新建等, 2004), 造山带含有中低温热液在重力作用下, 沿透水层向盆地内部运输。而盆地内部地层孔隙中的油气在水平挤压及上覆地层压力作用下而向盆地边缘运输, 盖层岩系中发育的大量节理和断裂系是油气由下而上、由内而外运输的通道。油气渗出和氧化含铀水渗入的交汇部位(盆 - 山过渡带)是铀成矿有利场所。还原性有机溶体使氧化性无机流体的化学物理性质发生突变, 而使铀沉淀富集, 同时还还原性油气对铀矿后期保存也有重要作用(孙晔等, 2004)。测得东胜地区铀成矿年龄为: (149 ± 16) Ma, (120 ± 11) Ma, (85 ± 2) Ma, (20 ± 2) Ma, (8 ± 1) Ma。由铀成矿年龄可以看出, 本区铀成矿具有 3 个成矿期, 这 3 期成矿的时间为: 第一期晚侏罗世至早白垩世, 第二期晚白垩世, 第三期第三纪的中新世和晚新世(夏毓亮等, 2003)。

## 6 结论

借助“成矿系统”的思维, 本文主要探讨区域构造演化对盆地成矿(藏)作用的控制作用。盆地中生

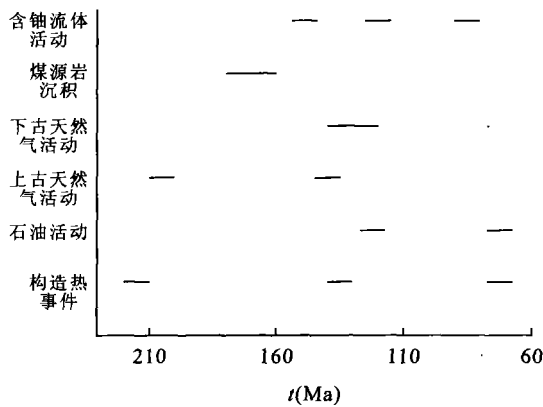


图 4 鄂尔多斯盆地中生代构造热事件与多种能源矿产形成  
Fig. 4 Time of the tectono-thermal events and the formation of various energy resources in Ordos basin

代处于大地构造体制转折的重要时期,盆地边缘的造山活动显著,盆内亦分别于晚三叠世、晚侏罗世与晚白垩世左右发生过 3 次构造热事件。区域构造体制转换事件与多种成藏(矿)作用的时间接近,对它们存在重要的控制作用(图 4)。盆地内部的构造热事件引发了有机流体的活动,周缘造山作用产生了向盆内流动的无机含铀热液;有机和无机矿产的形成过程相互作用,体现在由于有机流体的存在而形成氧化-还原障,导致无机流体关键物理化学参数的转变,在氧化-还原界面处成矿。

共存系统存在的必要条件是成矿(藏)作用的发生具备各自成矿要素,且无机成矿和有机成藏 2 种性质完全不同的地质过程之间存在着耦合作用。突变成矿和界面成矿是多种能源矿产的形成的重要机制(翟裕生等,1999,2002)。突变成矿(转变成矿)指各种控制因素和成矿参量的突变;界面成矿(边缘成矿、临界成矿)指岩体边缘、地层界面、岩相界面、地下水界面、氧化还原界面及其他各种临界面是成矿(藏)作用发生的重要场所。

## References

- Brian, J. D., Bradley, D. R., 2002. Mesozoic contractional deformation in the middle of the Asian tectonic collage: The intraplate western Ordos fold-thrust belt, China. *EPSL*, 205: 13 - 24.
- Dang, B., 2003. The tectonic and sedimentary evolution and its relationship to gas accumulation of Lower Paleozoic in Ordos basin (Dissertation). Northwest University, Xi'an, 43 - 77 (in Chinese with English abstract).
- Gao, J. Y., Wang, Y. X., Qiu, Y. Z., et al., 2001. Islands-ocean structural evolution of mid-western continent in Inner Mongolia. *Geotectonica et Metallogenia*, 25 (4): 397 - 404 (in Chinese with English abstract).
- Guo, J. J., Zhang, G. W., Lu, S. N., et al., 1995. Neoproterozoic continental block collage of China and Rodinia supercontinent. *Geological Journal of China Universities*, 5 (2): 148 - 156 (in Chinese with English abstract).
- Li, J., Luo, X., Shan, X. Q., et al., 2005. Natural gas accumulation in the Upper Paleozoic of Ordos basin, China. *Petroleum Exploration and Development*, 32 (4): 54 - 59 (in Chinese with English abstract).
- Li, S. L., Ouyang, Z. Y., 1998. Tectonic framework and evolution of Xing'anling-Mongolian orogenic belt (XMOB) and its adjacent region. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 18(3): 45 - 54 (in Chinese).
- Liu, S. F., 1998. The coupling mechanism of basin and orogen in the western Ordos basin and adjacent regions of China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 16(4): 369 - 383.
- Ren, Z. L., 1995. Thermal history of Ordos basin assessed by apatite fission track analysis. *Chinese Journal of Geophysics*, 38(3): 339 - 349 (in Chinese with English abstract).
- Sun, S. H., Li, X. M., Gong, G. L., et al., 1997. Study on the tectonic thermal events of Ordos basin. *Chinese Science Bulletin*, 42(3): 306 - 308 (in Chinese).
- Sun, Y., Li, Z. Y., Xiao, X. J., et al., 2004. Relationship between oil-gas trap and uranium metallogenesis at northern Ordos basin. *Uranium Geology*, 20 (6): 337 - 343 (in Chinese with English abstract).
- Tang, D. Z., Yang, Q., Pan, Z. G., 1992. The simulation of geological thermal history and coal metamorphic evolution in Hedong coalfield. *Geoscience*, 6(3): 328 - 337 (in Chinese with English abstract).
- Wang, C. Y., Guo, Y. H., Jiang, B., et al., 2004. Sequence stratigraphic division of Jurassic Yan'an Formation in West Ordos basin. *Journal of China University of Mining & Technology*, 33(1): 15 - 18 (in Chinese with English abstract).
- Wang, L. Z., Dai, T. M., Peng, P. A., 2005.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of diagenetic illites and its application in timing gas emplacement in gas reservoirs. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 30 (1): 78 - 82 (in Chinese with English abstract).
- Wang, S. M., 1996. Coal accumulating and coal resource evaluation of Ordos basin. China Coal Industry Publishing House, Beijing, 1 - 437 (in Chinese).

- Wei, Y. P., Wang, Y., 2004. Comparison of enrichment patterns of various energy resources in Ordos basin. *Oil & Gas Geology*, 25(4): 385 - 392 (in Chinese with English abstract).
- Xia, Y. L., Lin, J. R., Liu, H. B., et al., 2003. Research on geochronology of sandstone-hosted uranium ore formation in major uranium productive basins, northern China. *Uranium Geology*, 19(3): 129 - 136 (in Chinese with English abstract).
- Xiao, X. J., Li, Z. Y., Fang, X. H., et al., 2004. The evidences and significances of epithermal mineralization fluid in the Dongsheng sandstone type uranium deposit. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 23(4): 301 - 304 (in Chinese with English abstract).
- Yang J. J., 2002. Tectonic evolution and oil and gas distribution in the Ordos basin. Petroleum Industry Press, Beijing, 23 - 27, 51 - 52, 210 (in Chinese).
- Yin, H. F., Wu, S. B., Du, Y. S., et al., 1999. South China defined as part of Tethyan archipelagic ocean system. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 24(1): 1 - 12 (in Chinese with English abstract).
- Zhai, Y. S., Deng, J., Li, X. B., 1999. Essentials of metallogeny. Geological Publishing House, Beijing, 287 (in Chinese).
- Zhai, Y. S., Deng, J., Tang, Z. L., et al., 2002. Metallogenic systems of paleocontinental margin. Geological Publishing House, Beijing, 416 (in Chinese).
- Zhang, G. W., Zhang, B. R., Yuan, X. C., et al., 2001. Qinling orogenic belt and continental dynamics. Science Press, Beijing, 1 - 855 (in Chinese).
- Zhang, H., Bai, Q. Z., Zhang, X. W., et al., 1995. Formation of the Ordos basin and its coal-forming tectonic environment. *Geology and Exploration of Coal Field*, 23(3): 1 - 9 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K., 1989. Tectonics and resources of Ordos fault block. Shaanxi Science and Technology Press, Xi'an, 1 - 394 (in Chinese).
- 郭进京, 张国伟, 陆松年, 等, 1995. 中国新元古代大陆拼合与 Rodinia 超大陆. 高校地质学报, 5(2): 148 - 156.
- 李剑, 罗霞, 单秀琴, 等, 2005. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气成藏特征. 石油勘探与开发, 32(4): 54 - 59.
- 李双林, 欧阳自远, 1998. 兴蒙造山带及邻区的构造格局与构造演化. 海洋地质与第四纪地质, 18(3): 45 - 54.
- 任战利, 1995. 利用磷灰石裂变径迹法研究鄂尔多斯盆地地史. 地球物理学报, 38(3): 339 - 349.
- 孙少华, 李小明, 龚革联, 等, 1997. 鄂尔多斯盆地构造热事件研究. 科学通报, 42(3): 306 - 308.
- 孙晔, 李子颖, 肖新建, 等, 2004. 油气圈闭与鄂尔多斯盆地北部铀成矿关系探讨. 铀矿地质, 20(6): 337 - 343.
- 汤达祯, 杨起, 潘治贵, 1992. 河东煤田地史 - 热史模拟与煤变质演化. 现代地质, 6(3): 328 - 337.
- 王超勇, 郭英海, 姜波, 等, 2004. 鄂尔多斯盆地西缘延安组层序地层划分. 中国矿业大学学报, 33(1): 15 - 18.
- 王龙樟, 戴瑾谟, 彭平安, 2005. 自生伊利石<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar法定年技术及气藏成藏期的确定. 地球科学——中国地质大学学报, 30(1): 78 - 82.
- 王双明, 1996. 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价. 北京: 煤炭工业出版社, 1 - 437.
- 魏永佩, 王毅, 2004. 鄂尔多斯盆地多种能源矿产富集规律的比较. 石油与天然气地质, 25(4): 385 - 392.
- 夏毓亮, 林锦荣, 刘汉彬, 等, 2003. 中国北方主要产铀盆地砂岩型铀矿成矿年代学研究. 铀矿地质, 19(3): 129 - 136.
- 肖新建, 李子颖, 方锡珩, 等, 2004. 东胜砂岩型铀矿床低温热液流体的证据及意义. 矿物岩石地球化学通报, 23(4): 301 - 304.
- 杨俊杰, 2002. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律. 北京: 石油工业出版社, 23 - 27, 51 - 52, 210.
- 殷鸿福, 吴顺宝, 杜远生, 等, 1999. 华南是特提斯多岛洋体系的一部分. 地球科学——中国地质大学学报, 24(1): 1 - 12.
- 翟裕生, 邓军, 李小波, 1999. 区域成矿学. 北京: 地质出版社, 287.
- 翟裕生, 邓军, 汤中立, 等, 2002. 古陆边缘成矿系统. 北京: 地质出版社, 416.
- 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等, 2001. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京: 科学出版社, 1 - 855.
- 张泓, 白清昭, 张笑薇, 等, 1995. 鄂尔多斯聚煤盆地的形成及构造环境. 煤田地质与勘探, 23(3): 1 - 9.
- 张抗, 1989. 鄂尔多斯断块构造和资源. 西安: 陕西科学技术出版社, 394.

### 附中文参考文献

- 党翥, 2003. 鄂尔多斯盆地构造沉积演化与下古生界天然气聚集关系研究(博士学位论文). 西北大学, 西安.
- 高计元, 王一先, 裘愉卓, 等, 2001. 内蒙古中西部多岛海构造演化. 大地构造与成矿学, 25(4): 397 - 404.