

鄂尔多斯盆地南部环形影像特征及地质意义

杨锋杰, 王明镇, 李增学, 戴广凯, 贾维花
(山东科技大学 地球科学学院, 山东 青岛 266510)

[摘要] 为了研究鄂尔多斯盆地中-新生代时期的演化, 采用遥感技术与地球物理资料综合分析方法, 对CBERS和ETM+卫星影像的处理, 在鄂尔多斯盆地南部发现直径大于300 km的环形构造, 环形中心位于甘肃省东部的东华池附近。该环形构造内西部为西峰油田, 中东部有古生界-中生界大型煤田, 东南和西北部都有铀矿的发现, 4种能源矿产(石油、天然气、煤和铀)居于环中。地球物理和地震资料综合分析证明, 该环形构造为一相对独立的块体, 其活动既有升降, 又有旋转, 受深部控制, 主要是中-新生代造山作用(印支运动、燕山运动和喜山运动)联合作用的结果, 对多能源矿产同盆共存具有重要的控制作用。

[关键词] 鄂尔多斯盆地; 遥感; 环形影像; 环形构造; 地球物理

[中图分类号] P627 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2006)03-0037-05

Ring Structure in South Ordos Basin and Its Geologic Genesis

YANG Feng jie, WANG Ming zhen, LI Zeng xue, DAI Guang kai, JIA Wei hua
(School of Earth Sciences, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, Shandong, China)

Abstract: Through processing the CBERS and ETM+ satellite image, a ring structure which is about to 300 km in diameter was found in the southern Ordos basin. The center of the ring approximately locates at Donghuachi in the east of Gansu province. From the point of view of topography, the main body of the ring is plus topography, except for the southeastern part of the ring. There are four energy source mineral deposits in the ring conformation. The Xifeng oil field occurs in the western part of the ring structure, a large Mesozoic coalfield in the central eastern, and uranium deposits both in southeastern and northwestern. It is testified that the ring has close correlation with deep seated structure and dominated by the mantle plume in the deep of the earth through the comprehensive study of physical geography and natural earthquake. It is the result of the united effects of the orogenic activities during Mesozoic to Cenozoic period (Indo China movement, Yanshan movement, Himalayan movement). It acts as the interior power to the coexistence of multi energy sources in the same basin. This cognition has a very important value to study mechanism of the formation of the craton basin and guide geological exploration.

Key words: Ordos basin; remote sensing; circular feature; ring structure; geophysics

1 环形遥感影像

遥感方法具有多波段和宏观探测地球的能力, 通过地表地质特征(岩石、土壤、植物、水文)变化而在遥感图像上产生综合影像效应“透视”功能, 能够探测到埋藏一定深度的地质信息^[1-2]。这些地质现

象的微弱变化, 野外地质调查往往难以发现, 或常常被忽略。遥感图像具有高度的概括性、系统性、综合性, 使这些轻微的地质变化往往被综合, 在图像上产生综合效应^[3], 或由某种现象占主导地位, 产生特殊的影像特征。通过正确的解译并配合有效的地面调查和物探资料验证, 就能合理解释隐伏的地质现象。

本次研究鄂尔多斯盆地南部遥感图像所采用的

[收稿日期] 2006-01-16
[基金项目] 国家重点基础研究计划项目(2003CB214601); 国家自然科学基金项目(40234038)
[作者简介] 杨锋杰(1957-), 男, 山东济南人, 教授, 博士, 从事地质与环境遥感应用研究。

时相是 2003 年 11 月 9 日和 2004 年 11 月 1 日, 中巴资源卫星 WFI 宽视角影像进行彩色合成而形成的 (图 1)。环形中心位于甘肃省东部的东华池附近, 环形的北界是陕北的白于山北麓, 南界是西安市北边的渭河, 东界为黄河, 西到六盘山脉。环形直径超过 300 km。环形东南西都受鄂尔多斯边缘断裂带控制, 北面是几乎横贯整个华北地台的 38° 纬向构造带。地形上主要为正的地形, 只是东南较低, 由渭河地堑组成。环形内除南部和西南部外大部分地区被黄土覆盖, 为典型的黄土地貌, 其北界正好也是黄土地貌和毛乌素沙漠的分界线, 环型构造与北部地貌明显不同。虽然, 这个圆形边界和四周的断裂有很大程度上度的吻合, 但是如此规则的圆形, 决不是只有大致形状为矩形的二组断裂所能控制的, 应该和深部构造有很大关系。

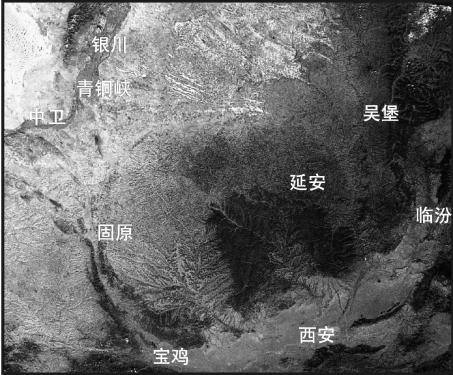
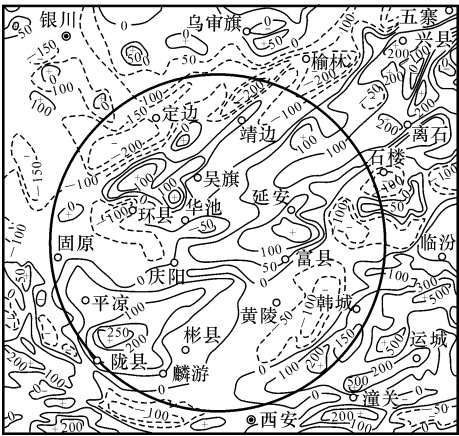


图 1 鄂尔多斯盆地南部中巴卫星影像
Fig. 1 CBERS Image of the South Ordos Basin

2 重磁资料证据

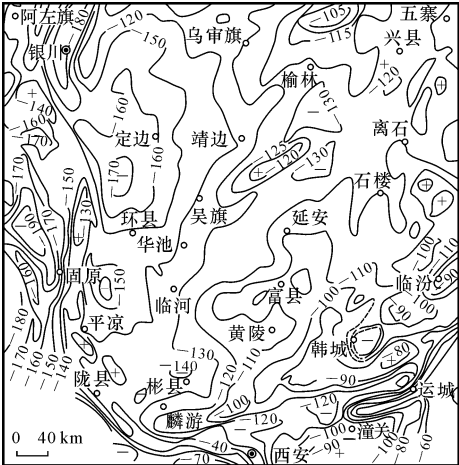
磁法勘探是以地壳中岩、矿石的磁性差异为基础的。由于这种差异的存在, 在地表就形成有一定特点的局部磁场, 叠加在地磁场之上, 形成磁异常^[4]。在磁法勘探中, 正常场和磁异常只是相对的概念, 所得到的 ΔT 是所有浅部和深部地层和岩体的综合值。图 2 为鄂尔多斯盆地航磁异常 (ΔT) 图^[5]。

在地球表面进行重力测量所获得的重力场是地球内部各圈层物质状态的反映, 主要是由地球内部介质的密度分布所决定的, 根据前人研究^[9], 尽管上地幔层及其以下各层在地表重力值占据了 88.7%, 但地表重力值的差异是难以分辨上述圈层的不均匀分布的。因此, 地表上重力值的差异主要是反映了地壳及上地幔 B 层介质密度在纵向和横



据长庆油田, 1983
图 2 鄂尔多斯盆地航磁异常与环形构造关系^[5]
Fig. 2 Relationship Between Magnetic Abnormity and Ring Structure of Ordos Basin

向上不均匀的分布。图 3 为鄂尔多斯盆地布格重力异常图^[5]。从图 2 和 3 中可以看出, 鄂尔多斯盆地南部环形影像位于异常的梯度变化和梯度变化的转折部位。



据长庆油田, 1983
图 3 鄂尔多斯盆地布格重力异常^[9]
Fig. 3 Bouguer Gravity Anomaly Map of Ordos Basin

3 地震剖面所反映的环形内外差异

3.1 资料情况

地震剖面起于山西运城经陕西甘泉、定边、宁夏银川至内蒙古的阿拉善左旗, 剖面全长 680 km。在中国地学大断面工作中, 孙武城等对该剖面资料进行了重新解释 (国家地震局地学断面编委会^[9], 1992 年), 获得了该区二维地震波速度结构。考虑到研究的需要, 现仅截取与本研究区域密切相关的地段的

二维地震波速度结构图(图 4)。图 4 显示了环形影像位于地壳和上地幔结构的变化部位。

3.2 地壳上地幔地震波速度差异

鄂尔多斯地块地震波速度表明, 上地壳由 4 个不同的正梯度层组成^[7], 梯度值分别为 0.04~0.05 km/s、0.13 km/s、0.10~0.14 km/s 和 0.03~0.05 km/s。各层厚度变化不大, 总的趋势由东向西稍加厚。中地壳为一匀速层, 层速为 6.24 km/s, 深 19.4 km, 厚 7.5 km。下地壳是由上部近于匀速层和下部较弱的速度梯度层组成。匀速层的速度为 6.5~6.6 km/s, 层厚度为 15~19 km, 其下的梯度

层梯度值为 0.023~0.110 km/s, 厚度 3~6 km。上地幔顶部的速度为 7.75~8.00 km/s。

鄂尔多斯盆地中不同构造单元的地壳厚度测算结果显示, 环形构造中的厚度为 40~42 km, 而盆地北部的厚度为 47~49 km^[8-9], 环形构造的边缘是地壳厚度变化的过渡带。

4 大地电磁测深

图 5 显示的剖面从大水坑往西, 横跨了鄂尔多斯西缘的弧形断裂带, 有一系列的逆冲、逆掩断层

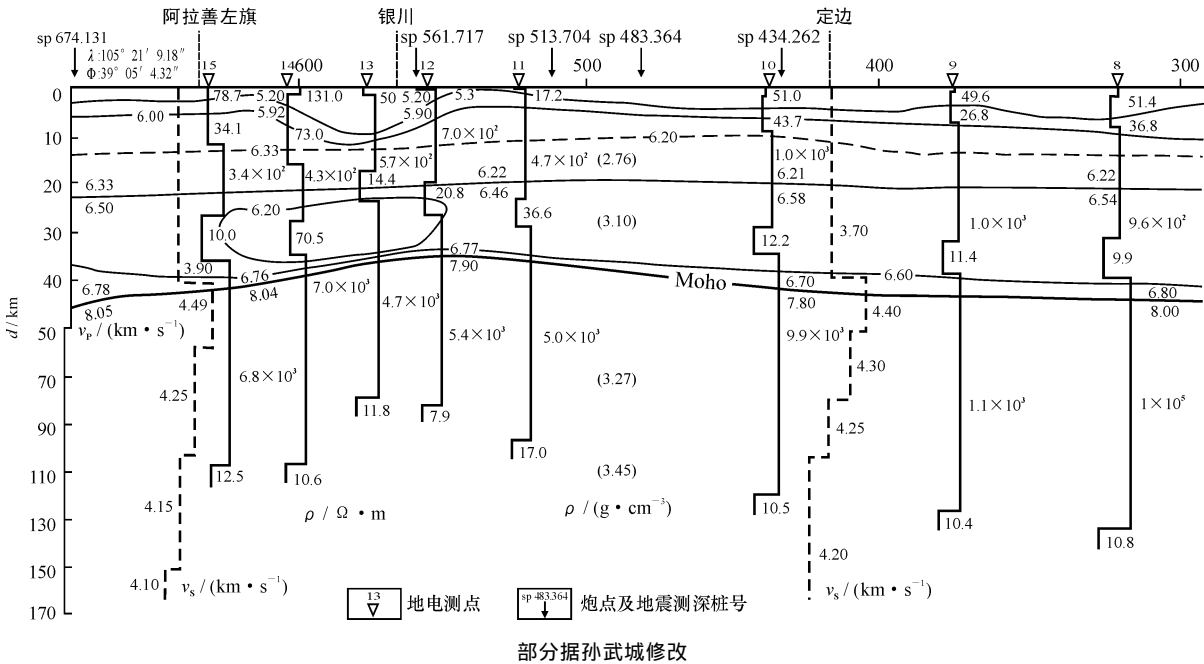
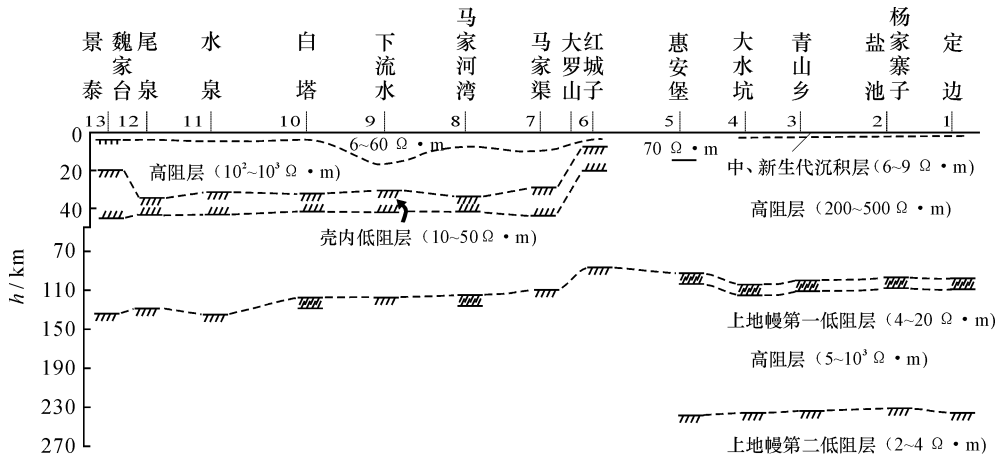


图 4 阿拉善左旗—定边—临汾地质剖面^[6]

Fig. 4 Geo Section of Alashanzuoqi Dingbian Linfen (Partly)



据屈建鹏, 1998

图 5 景泰—定边剖面电性结构^[10]

Fig. 5 Electric Character Drawing from Jingtai to Dingbian

带,显示了强烈的挤压性质^[11-12],电性横向变化明显。在大水坑和大罗山之间有两个测点:盐池的惠安堡和同心的红城水。这两个点的上地幔第一高导层顶面埋深为 100~92 km,与鄂尔多斯地块的相应层位比较有所隆起。这两个测点位于牛首山-罗山-固原断裂带东侧,该断裂带东侧还有数条近南北向的断裂,如牛首山-云雾山断裂、韦州-安国断裂、青龙山断裂和惠安堡-沙子断裂等^[13-14],它们正是华北地台与祁连褶皱系的交接部位,上地幔第一高导层的上隆正是强烈活动的标志^[15-17]。有意义的是惠安堡测点上地幔第二导电层顶面埋深为 244 km,这正是环形体与北部的分界部位。

5 鄂尔多斯盆地地热场

据孙少华等对鄂尔多斯盆地地壳各界面热流状况分层所作的热流分布图^[9],可看出其在北纬 38°附近为界的南北两部分明显不同,南边热流值明显比北边高。南半部分大致呈圆形,其北界变化较大的地方正好和遥感影像中的环形北界重合(见图 1),延安南边热流最高的地方正好对应遥感影像中颜色最深的地方,说明遥感影像中的环形构造和大地热流值的分布密不可分。地表的热流值不仅和深部构造有关系,也和各历史时期地层的厚度导热性有关,不过对比地表的热流值和地幔顶部热流值图(图 6、图 7)可看出各时期地层对热流值的分布影响不大。地表的热流分布主要是由地幔的热流分布所决定的^[18-19],所以环形构造是深部地幔状态的反映。

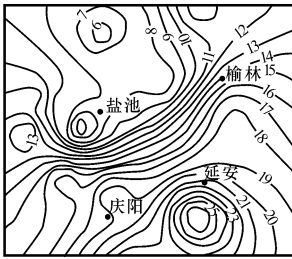
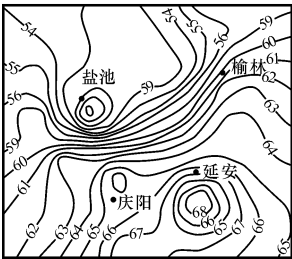


图 6 鄂尔多斯盆地地表热流分布^[9] Fig.6 Heat Flow Distribution of Surface in Ordos

图 7 鄂尔多斯盆地莫霍面热流分布^[9] Fig.7 Mohorovich Discontinuity Heat Flow Distribution in Ordos

6 盆地发育的南北差异

鄂尔多斯盆地的煤层从晚古生代到中生代均

有分布,大致以北纬 38°横向构造为界,其分布环境、位置、范围及煤层厚度在南北方向上有一定的变化^[20]。

晚古生代含煤层共有 11 层,主要可采煤层共 5 层,为 11、10、6、5、3 号煤层^[20-21]。11 号煤层在北纬 38°以南煤层厚度一般小于 5 m,以北大于 5 m。富煤区分布于神木-府谷一带,厚度为 10 m 以上。10 号煤层在北纬 38°以北,形成于河流、三角洲体系之中,北纬 38°以南主要形成于海退后的滨岸环境,煤层层数由北向南增多。6 号煤层在北纬 38°以南零星分布,且大部分不可采;以北地层厚度减薄,煤层增厚,到北部准格尔旗小层序组内全为煤层。5 号煤层在盆地中分布最为广泛,除东经 107°~109°之间的北纬 38°以南地区外,全区均有发育。

晚三叠纪瓦窑堡组含煤 6 组,共 30 余层,总厚度 11 m 左右^[22]。以 5 号煤层为主要可采层,富煤中心也与沉积中心一致,分布于子长-蟠龙一带,向外,煤层厚度逐渐变薄。5 号煤层的聚集具有明显的规律,富煤区的煤层厚度表现出强烈的南北分异,以北纬 38°构造带为界,北侧 5 号煤层厚度一般为 3.5~5 m,大于 5 m 的区域很少;南侧 5 号煤层厚度大于 5 m 的区域明显增多,其中最引人注目的是华亭和焦坪富煤区,前者 5 号煤层厚度大于 50 m,后者 5 号煤层厚度大于 30 m。此外,其横向变化方式的南北差异也十分明显,北侧以分岔变薄为主,南侧以变薄尖灭为主。

根据上述分析,北纬 38°纬线横向构造在鄂尔多斯盆地内沿 37°40'N~38°N 延伸,构造带在盆地内表现为惠安堡-吴堡断裂,它控制了环形构造的北界。

7 新生代活动特征

中生代末期的鄂尔多斯块体,结束了大型内陆拗陷的历史^[23-24],晚白垩世至早第三纪的古新世,全区处于缓慢隆升^[25],遭受剥蚀和夷平,普遍缺失沉积。始新世开始,由于喜山运动的影响,在中国地形倒转的大背景下^[26-27],鄂尔多斯盆地环形构造的区域相对于盆地北部(以 37°40'N 为界)阶段性上升明显。在环形块体的南缘和西缘形成断陷带,接受巨厚的新生代沉积,而环形块体本身,以脉动性隆升为主。根据泾河、干河的分析,其两侧的河

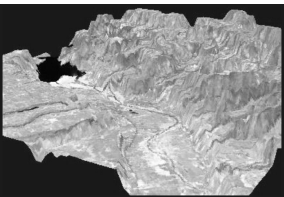


图 8 千河 TM 与 SRTM 复合三维影像
Fig. 8 Image Composition of TM and SRTM in Qianhe Area

流阶地至少发育有 4 级 (图 8), 这说明, 新生代的活 动上升具有脉动性。由于环形块体反扭和青藏高原隆升所造成的北东向挤压, 形成了雁列式排列的六盘山脉 (见图 1), 充分说明了环 形构造的“砥柱”作用。

8 结论与讨论

随着油、气等矿产资源的勘探以及地质工作的深入, 该环形构造带的重要性越来越引起人们的注意。在鄂尔多斯盆地南部环形构造与鄂尔多斯盆地北部相比, 地质、矿产、地理、地球物理等方面存在着许多差别。盆地中的上古生界煤系发育及中生界也受该构造控制。中生界与上古生界的情况相反, 三叠系和侏罗系在南部较厚, 为湖泊相沉积, 北部较薄, 以河流相为主。该环形构造还对盆地中的能源和矿产资源起着控制作用, 盆地内下古生界海相气田、上古生界煤层气田也基本上分布于环形构造的北侧, 而中生界石油主要分布于环形构造中的三角洲相沉积中, 既所谓的“南油北气”。

鄂尔多斯盆地南部的环形影像, 反映了该区域的整体地质特征与北部的根本差异。环形影像所反映的构造与深部热流密切相关, 反映地幔热柱脉动式上涌。根据以上资料的综合分析, 认为该环形构造活动的时代开始于海西晚期, 表现为对上古生界煤系的控制, 印支期以沉降为主, 燕山期活动强烈, 表现为大幅度升降, 控制了中生界的沉积和剥蚀, 而在新生界表现为脉动式上升并兼有扭动痕迹。

[参 考 文 献]

[1] 郑文俊, 郭 华. 遥感影像信息在活动断裂研究中的应用 [J]. 高原地震, 2002, 14(2): 15 - 21.
[2] 邓兆伦, 曹书静, 崔新省. 运用遥感和地学信息探讨华北地台北缘边界断裂 [J]. 国土资源遥感, 1995(2): 15 - 22.
[3] Brandon M T, Garver. Provenance Studies of Columbia England by Fission Tracks Analysis [J]. Chemical Geology, 1994, 89: 37 - 52.
[4] 郝天珧, 刘伊克 段 昶. 根据重、磁资料探讨中国东部及其邻域断裂体系 [J]. 地球物理学报, 1996, 39(增刊): 141 - 149.

[5] 赵洪格. 鄂尔多斯盆地西部构造特征及演化 [D]. 西安: 西北大学, 2003.
[6] 国家地震局地学断面编委会. 上海奉贤至内蒙古阿拉善左旗地学断面 [M]. 北京: 地震出版社, 1992.
[7] 汪素云, Hearn T M. 中国大陆上地幔顶部 Pn 速度结构 [J]. 中国科学: D 辑, 2001, 31(6): 449 - 455.
[8] 汤锡元, 郭忠铭. 陕甘宁盆地西缘逆冲推覆构造及油气勘探 [M]. 西安: 西北大学出版社, 1992.
[9] 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.
[10] 屈健鹏, 朱佐全, 杨国栋, 等. 鄂尔多斯地块西缘定边—景泰地壳、上地幔电性结构分析 [J]. 西北地震学报, 1998, 20(2): 70 - 75.
[11] 赵重远, 刘池阳. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存 [M]. 西安: 西北大学出版社, 1990.
[12] 王 锋, 刘池阳, 赵红格. 鄂尔多斯地块西部南北向拆离滑覆构造 [J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(1): 17 - 20.
[13] 张 抗. 鄂尔多斯断块构造和资源 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1989.
[14] 周立发, 赵重远, 郭忠铭. 阿拉善及邻区沉积盆地的形成与演化 [M]. 西安: 西北大学出版社, 1995.
[15] 邢集善, 刘建华, 赵晋泉. 华北板内深部构造 [J]. 山西地震, 2002(4): 3 - 12.
[16] Hayward N, Ebinger C J. Variations in the Along axis Segmentation of the Afar Rift System [J]. Tectonics, 1996, 15(2): 244 - 257.
[17] 邓晋福, 苏尚国, 赵海玲. 华北地区燕山期岩石圈减薄的深部过程 [J]. 地学前缘, 2003, 10(3): 41 - 50.
[18] 赵国春, 吴福元. 地幔柱构造理论研究若干问题及研究进展 [J]. 地质科技情报, 1995, 14(2): 1 - 6.
[19] 程顺有, 张国伟, 李 立. 秦岭造山带岩石圈电性结构及其地球动力学意义 [J]. 地球物理学报, 2003, 46(3): 390 - 397.
[20] 郑孟林, 王桂梁. 38° 构造带及其对晚古生代煤系的控制作用 [J]. 中国煤田地质, 1995, 7(4): 32 - 35.
[21] 谭永杰. 鄂尔多斯盆地南缘构造性质及其控煤意义 [J]. 中国煤田地质, 1994, 6(3): 78 - 83.
[22] 王双明. 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1996.
[23] 钱 锋, 艾永峰. 鄂尔多斯南部地区早古生代大陆边缘演化特征 [J]. 西安工程学院学报, 2002, 24(1): 18 - 24.
[24] 党 彝. 鄂尔多斯盆地构造沉积演化与下古生代天然气聚集关系研究 [D]. 西安: 西北大学, 2003.
[25] 王宏强. 鄂尔多斯中生代盆地构造应力场特征及其转换与沉积-构造格局 [D]. 西安: 西北大学, 2001.
[26] Hendrix M S, Dumitru T A, Graham S T. Late Oligocene early Miocene Unroofing in the Chinese Tian Shan: An Early Effect of the Indian Asian Collision [J]. Geology, 1994, 22: 487 - 490.
[27] Crone A J, Hailer K M. Segmentation and Coseismic Behavior of Basin and Range Normal Faults: Examples from East central Idaho and South western Montana, USA [J]. Journal of Structural Geology, 1998, 13(2): 151 - 164.