

鄂尔多斯盆地—高原转型期区域动力学背景

郑国璋^{1,2}

(1 山西师范大学 城市与环境科学学院, 山西 临汾 041004; 2 西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069)

摘要: 通过分析新生代以来亚洲板块与周邻板块运动学特征、鄂尔多斯盆地构造应力场变化及盆地抬升的地质学证据, 探讨鄂尔多斯盆地—高原转型期的地球动力学机制。研究结果表明, 新生代以来鄂尔多斯盆地—高原转型期的驱动力主要源于印度板块北移、青藏高原隆升和太平洋板块向西俯冲产生的远源波及力。鄂尔多斯盆地抬升的时期主要分为: 新生代早期(65~45、45~25) Ma BP, 盆地处于缓慢阶段性抬升期; 新生代晚期(25~0.78、0.78) Ma BP, 盆地处于快速阶段性抬升期, 且抬升的频次有逐渐加大的趋势。

关键词: 新生代; 盆地—高原转型期; 动力学机制; 区域构造应力场; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: P548 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)02-0144-05

Dynamic Mechanism of Transition from Basin to Plateau in Ordos

ZHENG Guo-zhang^{1,2}

(1 School of Urban and Environment Science, Shanxi Normal University, Linfen 041004, Shanxi, China;

2 Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China)

Abstract Through analyzing the kinematical characteristics of Asian plate and its adjacent plates during Cenozoic Era, the change of tectonic stress field and the geological evidences of uplift in Ordos Basin, and the dynamic mechanism of the transition from basin to plateau are discussed. It is thought that the driving force for transision from basin to plateau in Ordos during the Cenozoic were derived from the long-source affecting force of the northward movement of Indian plate, the uplift of Tibetan plateau and the westward subduction of Pacific plate. The uplift of Ordos Basin was divided into four stages. During the early period of Cenozoic (65~45 Ma BP and 45~25 Ma BP), Ordos Basin was featured by slow staggered-uplifting. During the late period of Cenozoic (25~0.78 Ma BP and 0.78 Ma BP to present), Ordos Basin was featured by rapid staggered uplifting. The frequency of uplifting in Ordos Basin tends to increasing gradually.

Key words: Cenozoic Era; transisional stage from basin to plateau; dynamical mechanism; tectonic stress filed; Ordos Basin

0 引言

鄂尔多斯盆地是中国第二大沉积盆地, 盆地多种能源矿产(煤、油、气、铀等)是在盆地发育时期形成的。新生代以来鄂尔多斯盆地逐渐抬升转化为高原, 盆地后期构造演化对多种能源矿产的形成发育、运移或聚集有重要影响^[1-3], 要了解盆地后期构

造演化的基本规律, 必须解决盆地抬升的地球动力学机制问题。

鄂尔多斯盆地新生代以来抬升的动力学机制目前学术界仍未取得统一认识。许多学者强调是板块运动导致的区域性水平挤压应力场的作用, 但对盆地构造运动主要受控于印度板块的北东向挤压还是太平洋板块向西北俯冲的认识仍存在分

收稿日期: 2007-10-27

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2003CB214607)

作者简介: 郑国璋(1965-), 男, 山西洪洞人, 副教授, 西北大学博士研究生, 从事新生代地质与环境研究。E-mail: shanxizgz@126.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

歧^[3-7]。有的学者强调是地壳均衡作用产生垂直力的作用。赵重远等^[8]认为: 鄂尔多斯盆地是中生代形成的剪切挤压型盆地, 到了晚白垩世, 特别是进入古近纪之后, 由于剪切挤压力逐渐减少以至消失, 盆地内的沉积物负荷补偿不了原施加于盆地使其岩石圈向下弯曲的应力, 盆地遂均衡上升, 逐渐灭亡。笔者通过分析新生代以来亚洲板块与相邻板块相互作用导致鄂尔多斯盆地构造应力场的变化, 探讨盆地—高原转型期的动力学机制, 建立盆地新生代以来抬升的基本模式。

1 晚白垩世末期—始新世早期盆地缓慢抬升

晚白垩世末期至始新世早期(65~45 Ma BP), 古亚洲板块相对稳定, 其以南以东的印度、澳大利亚、太平洋板块都以不同速度向北运动。澳大利亚、太平洋板块均以较低速度向北北西向运动^[9], 印度板块以较快速度向东北方向推移, 69~60 Ma BP 推移速度为 17 cm/a, 60~44 Ma BP 推移速度为 9~11 cm/a, 与古亚洲板块发生软碰撞。

在印度板块北移产生的远程挤压力作用下, 鄂尔多斯盆地区域构造应力场发生了根本转变, 由燕

山期的北西—南东向挤压、北东—南西向拉张, 转变为北东—南西方向挤压、北西—南东方向拉张^[9-10](图 1a)。鄂尔多斯盆地缓慢抬升, 处于长期的挤压剥蚀夷平状态, 形成北台期夷平面^[11]。盆地普遍缺失晚白垩世、古新世、下始新世沉积物。早始新世, 鄂尔多斯盆地西缘开始发育北北东向的银川—吉兰泰断陷盆地, 始新统寺子口组沉积厚度达数百至 1 000 m^[6]。

2 始新世中晚期—渐新世末期盆地阶段性抬升

始新世中晚期(45~38 Ma BP), 印度板块继续向北推移, 但北移速度明显减缓, 仅为 5.5~5.8 cm/a, 说明其与亚洲板块开始发生硬碰撞, 新特提斯洋消亡^[12]。这一时期亚洲板块东部的太平洋与菲律宾板块运动方向发生突然转变, 由北北西向转为北西西向, 板块向西运动速度达 9 cm/a^[9]。这时, 中国西部各地块上层的大规模缩短还没有发生, 青藏高原并未发生强烈隆升。在青藏高原北东向挤压作用及太平洋板块北西西向强烈俯冲作用下, 鄂尔多斯盆地区域构造应力场再次发生突变, 最大主应力方向为北西西—南东东, 中间主应力方

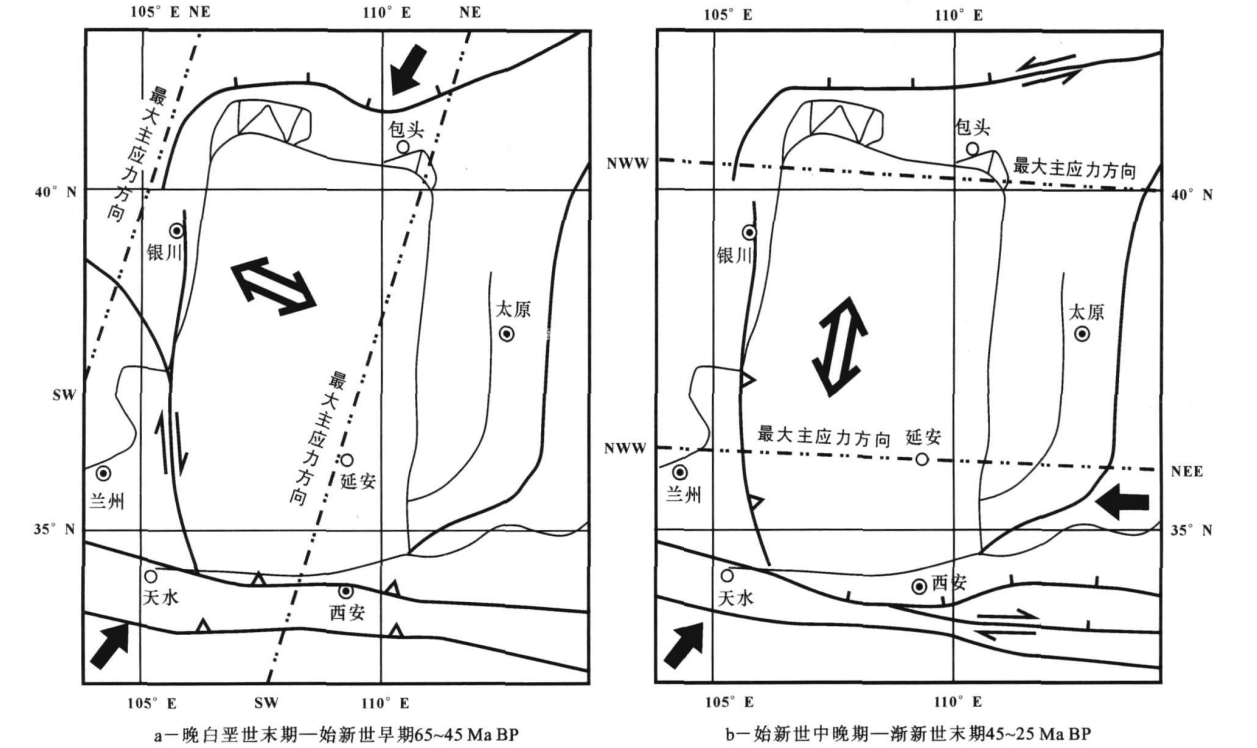


图 1 鄂尔多斯盆地新生代早期区域构造应力场

Fig. 1 Regional Tectonic Stress Filed During the Period of Early Cenozoic Ear in Ordos Basin

向为北北东—南南西,即在北西西—南东东方向为挤压,在北北东—南南西方向为拉张^[9],盆地处于阶段性抬升期(图 1b)。

2.1 始新世中期盆地快速抬升期

始新世中期(45~38 Ma BP),受青藏高原北东向挤压作用及太平洋板块北西西向俯冲的影响,鄂尔多斯盆地以较快的速度整体抬升,北抬期夷平面解体,抬升为山顶面(子午岭,1 765 m;黄龙山,1 198 m)。盆地普遍缺失中、上始新统沉积。始新世中期,盆地南部开始发育西东向渭河断陷盆地,沉积厚度在数百至 1 000 m 以上^[9]。

2.2 始新世末期至渐新世末期盆地缓慢抬升期

始新世末期至渐新世末期(38~25 Ma BP),青藏高原构造运动相对缓和,形成第一级夷平面(山顶面)。鄂尔多斯盆地缓慢抬升遭受剥蚀,盆地渐新统地层大部分缺失,仅盆地西北部天环拗陷北段接受渐新系沉积,下部为盐湖相,上部为河流相^[13]。渭河和银川吉兰泰断陷盆地继续发育,表现为向南及向西北倾斜的不对称盆地,银川和吉兰泰沉积厚度分别在 1 900、300 m 以上。渐新世时期,鄂尔多斯盆地北部开始发育西北向河套断陷,沉积厚度以临河拗陷最大,达 2 600 m,白彦花和呼包拗陷分别

达 600、1 060 m^[9]。

3 中新世早期盆地阶段性快速抬升

3.1 中新世早期盆地快速抬升期

中新世早期(25~17 Ma BP),印度板块与青藏地块发生强烈碰撞,北移速度减慢(4 6~5 cm/a),青藏高原处于阶段性强烈隆升期,高度达 2 000 m 以上^[14-15]。青藏高原强烈隆升导致鄂尔多斯盆地构造应力场又一次发生明显变化,最大主应力为近南北向,中间主应力为近东西向,即在近南方向上挤压,在近东西方向上拉张(图 2a)^[9]。

受青藏高原阶段性隆升影响,鄂尔多斯盆地处于阶段性快速抬升期,据磷灰石裂变径迹(AFTA, 17 Ma BP)研究表明^[16],盆地无论边缘还是盆地中央与中生代一样都存在着强烈的构造活动,热效应波及盆地中央。鄂尔多斯盆地边缘银川断陷盆地、河套断陷盆地、渭河断陷盆地继续扩张。渭河盆地北界已扩大到礼泉断裂及运城盆地,沉积厚度为 1 500 m;河套断陷带西部的临河拗陷,沉积厚度达 3 800 m,东段的呼包拗陷亦达 2 300 m^[9]。

3.2 中新世中晚期盆地缓慢抬升期

中新世中晚期(17~10 Ma BP),青藏高原构造运动缓和,形成第二级夷平面(主夷平面)。鄂尔多

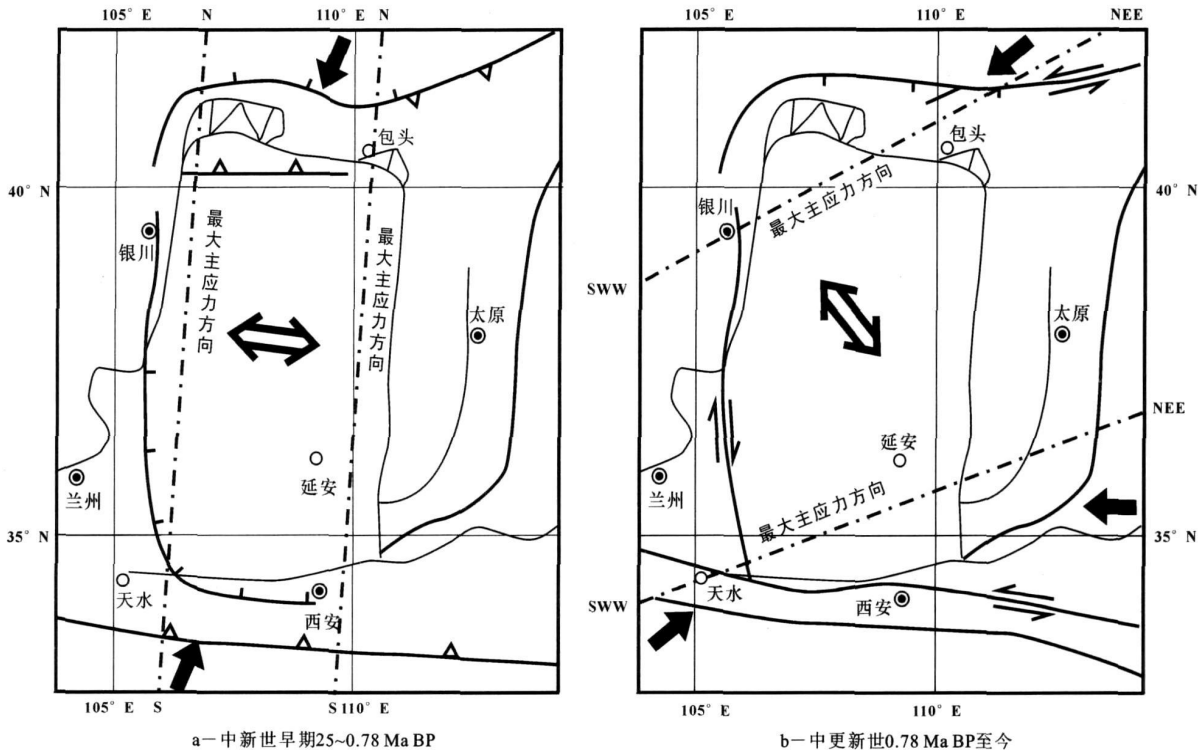


图 2 鄂尔多斯盆地新生代晚期区域构造应力场

Fig. 2 Regional Tectonic Stress Filed During the Period of Late Cenozoic Ear in Ordos Basin

斯盆地构造运动平稳,盆地缓慢抬升遭受剥蚀夷平,形成唐山期夷平面。

3.3 中新世末期盆地快速抬升期

中新世末期(10~8 Ma BP),青藏高原又一次强烈隆升,高度达2 000 m以上^[17-19]。鄂尔多斯盆地快速抬升,唐山期夷平面开始解体。磷灰石裂变径迹(AFTA, 10 Ma BP)研究表明^[16],构造热事件存在于盆地多构造单元,盆地中央庆阳城西白垩系砂岩逆冲于第四纪黄土之上则更是新构造运动的直接反映。

3.4 中新世末期至上新世早期盆地缓慢抬升期

中新世末期至上新世早期(8~3.6 Ma BP),青藏高原构造运动相对缓和,鄂尔多斯盆地处于缓慢抬升时期,黄土高原地区平缓山地和洼地开始红粘土风尘堆积。如朝那红粘土底界年龄为8.1 Ma BP^[20],泾川为8.0 Ma BP^[21],灵台为7.0 Ma BP^[22-23],旬邑为7 Ma BP^[24],府谷为7.3 Ma BP^[25],赵家川为7.6 Ma BP^[17],这表明随着青藏高原隆升,东亚季风开始出现^[18]。从目前红粘土出露的高度分析,鄂尔多斯盆地在8.0 Ma BP前后由原来东高西低的地形格局开始转变为西高东低的地形格局。通过对旬邑地区7.0 Ma BP以来的红粘土和黄土、古土壤沉积的粒度、磁化率等研究表明^[24],该地区新近系存在4个旋回的变化,这4个旋回的变化可能是受青藏高原阶段性隆升驱动而引起的百万年级构造气候主旋回,可以清晰地反映青藏高原隆升对鄂尔多斯盆地阶段性抬升的影响。

3.5 上新世晚期至第四纪初期盆地快速抬升期

上新世晚期至第四纪初期(3.6~2.6 Ma BP),青藏高原发生强烈隆升,受青藏高原强烈隆升影响,盆地处于阶段性快速抬升期,唐山期夷平面完全解体,黄土高原地区普遍接受上新世红粘土堆积,盆地区域抬升的差异性明显。邓启东等^[6]认为,上新世鄂尔多斯盆地北部继续隆起,但南部沉积100~200 m的河湖相地层,显示块体北部隆起向南倾斜的运动特征。盆地周缘各断陷带继续发育,渭河盆地沉积厚度达4 000 m,临河、白彦花、呼包拗陷分别为6 800、860、1 800 m,银川盆地厚达1 800 m。山西境内临汾、晋中、忻定、静乐盆地相继形成^[8]。

3.6 第四纪初期至中更新世早期盆地阶段性快速抬升期

第四纪初期至中更新世早期(2.6~0.78 Ma BP),青藏高原处于快速阶段性隆升期^[15, 26-27],

其高度达2 000~3 000 m。鄂尔多斯盆地响应青藏高原的隆升处于快速阶段性抬升时期。2.6 Ma BP以来黄土高原地区开始大面积黄土堆积,1.8~1.7 Ma BP黄河开始形成^[28-29],1.4 Ma BP以来黄河中游河流阶地开始发育。黄河晋陕峡谷最高阶地克虎寨阶地(T_6)形成于14 098 Ma BP^[30],渭河、泾河中游最高阶地(T_5)形成于1.2 Ma BP,洛河中游最高阶地(T_5)形成于1.0 Ma BP,渭河、泾河中游第4级阶地(T_4)形成于0.82 Ma BP,洛河中游第4级阶地(T_4)形成于0.8 Ma BP^[31-32]。

4 中更新世以来盆地阶段性快速抬升

中更新世以来(0.78 Ma BP至今),青藏高原处于阶段性强烈隆升期^[19, 26-27],其高度达3 000~4 000 m。这一时期太平洋板块向北西西俯冲作用增强,以10.6 cm/a的速度西移,菲律宾板块以7.3 cm/a的速度西移,导致鄂尔多斯盆地区域构造应力场再次发生变化,最大主应力为北东东向,中间主应力为北北西向,即在近东西方向上挤压,在近南北方向上拉张(图2b)^[9]。

鄂尔多斯盆地处于阶段性快速抬升时期,盆地周缘断陷盆地继续扩张。渭河盆地第四系厚度达2 700 m,河套盆地达200~3 000 m,银川盆地达2 400 m。黄河中游河流阶地继续发育,渭河、泾河、洛河中游第3级阶地(T_3)形成于0.65~0.62 Ma BP;渭河、泾河、洛河中游第2级阶地(T_2)形成于0.15~0.13 Ma BP;渭河、泾河、洛河中游第1级阶地(T_1)形成于0.01 Ma BP^[31-32]。

5 结语

新生代以来,鄂尔多斯盆地—高原转型期的驱动力主要来源于印度板块北移、青藏高原隆升和太平洋板块向西俯冲产生的远源波及力。盆地抬升主要分为4期:晚白垩纪末期至始新世早期(65~45 Ma BP),始新世中晚期至渐新世末期(45~25 Ma BP),盆地处于缓慢阶段性抬升期;中新世早期至中更新世末期(25~0.78 Ma BP),中更新世以来(0.78 Ma BP至今),盆地处于快速阶段性抬升期,且抬升的频次有逐渐加大的趋势。

成文中得到西北大学地质学系岳乐平教授的悉心指导,在此深表感谢。

参考文献:

[1] 郑孟林,金之钧,王毅,等.鄂尔多斯盆地北部中新世构造

造特征及其演化[J] . 地球科学与环境学报, 2006, 28(3): 31-36.

[2] 李卫红, 徐高中. 鄂尔多斯盆地后期改造与砂岩型铀成矿关系[J] . 地球科学与环境学报, 2006, 28(3): 19-23.

[3] 徐锡伟, 成国良, 马杏垣. 等. 华北及其临区块体转动模式和动力来源[J] . 地球科学——中国地质大学学报, 1994, 19(2): 129-138.

[4] 张福礼, 黄舜兴, 杨友贵. 鄂尔多斯盆地天然气地质[M] . 北京: 地质出版社, 1994.

[5] 王云鹤. 鄂尔多斯盆地白垩纪以后是否存在热构造事件[J] . 海相油气地质, 1997, 5(1/2): 167-171.

[6] 邓启东, 程绍平, 闵伟. 等. 鄂尔多斯块体新生代构造活动和动力学的讨论[J] . 地质力学学报, 1999, 5(5): 13-21.

[7] 邱领军. 鄂尔多斯盆地喜山期构造运动与油气成藏[J] . 石油学报, 2000, 24(2): 34-37.

[8] 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.

[9] 万天丰. 中国东部中生代板内变形构造应力场及其应用[M] . 北京: 地质出版社, 1993.

[10] 张泓. 鄂尔多斯盆地中生代构造应力场[J] . 华北地质矿产杂志, 1996, 13(1): 87-92.

[11] 宋友桂. 青藏高原东北部与华北地区新生代地层及构造地貌演化[M] . 西安: 中国科学院地球环境研究所, 2003.

[12] Dewey J F, Shackleton R M, Chang C F, et al. The Tectonic Evolution of Tibetan Plateau[J] . Phil Trans R Soc Lond Ser, 1988, 327: 379-413.

[13] 周鼎武, 李文厚, 张云翔. 等. 区域地质综合研究的方法与实践: 鄂尔多斯-秦岭造山带野外实习指导书[M] . 北京: 科学出版社, 2002.

[14] 丁林, 钟大赉. 高原隆升的阶段[C] //潘裕生, 孔祥儒. 青藏高原岩石圈结构演化和动力学. 广州: 广东科学技术出版社, 1998.

[15] 郑度, 林枕耀, 张雪芹. 青藏高原与全球环境变化研究进展[J] . 地学前缘, 2002, 9(1): 95-102.

[16] 高峰, 王岳军. 利用磷灰石裂变研究鄂尔多斯盆地西缘热历史[J] . 大地构造与成矿学, 2003, 24(1): 87-91.

[17] An Z S, Kutzbach J E, Prell W L, et al. Evolution of Asian Monsoon and Phased Uplift of the Himalaya-Tibetan Plateau Since Late Miocene Times[J] . Nature, 2001, 411: 62-66.

[18] 安芷生, Kutzbach J E, Prell W L, et al. 亚洲季风演变与晚中新世以来喜马拉雅-青藏高原的阶段性隆升[C] //卢演伟, 高维明, 陈国星. 等. 新构造与环境. 北京: 地震出版社, 2002.

[19] 王绍武, 董光荣. 中国西部环境演变评估: 第一卷[M] . 北京: 科学出版社, 2002.

[20] 宋友桂. 六盘山东麓朝那剖面红粘土年代及其构造意义[J] . 第四纪研究, 2000, 20(5): 457-463.

[21] 杨石岭, 侯圣山, 王旭. 等. 泾川晚第三纪红粘土的磁性地层及其与灵台剖面对比[J] . 第四纪研究, 2000, 20(5): 423-434.

[22] Sun D H, Shaw J, An Z S, et al. Magnetostratigraphy and Paleoclimatic Interpretation of a Continuous 7.2 Ma Late Cenozoic Eolian Sediments from the Chinese Loess Plateau[J] . Geophysical Research Letters, 1998, 25: 85-88.

[23] Ding Z L, Sun J M, Yang S L, et al. Preliminary Magnetostratigraphy of a Thick Eolian Red Clay-Loess Sequence at Lingtai, the Chinese Loess Plateau[J] . Geophysical Research Letters, 1998, 25: 1225-1228.

[24] 薛祥熙, 岳乐平, 周杰. 等. 陕西旬邑晚新生代红土、黄土序列磁化率特征与环境变迁[J] . 第四纪研究, 2003, 23(1): 103-108.

[25] 张云翔, 薛祥熙, 岳乐平. 陕西府谷高老川新第三纪“红层”的划分与时代[J] . 地层学杂志, 1995, 19(3): 214-219.

[26] 李吉均, 方小敏. 青藏高原隆起与环境演变研究[J] . 科学通报, 1998, 43(15): 1569-1574.

[27] 李吉均. 青藏高原的地貌演化与亚洲季风[J] . 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(1): 1-11.

[28] 潘保田, 高红山, 李炳元. 等. 青藏高原层状地貌与高原隆升[J] . 第四纪研究, 2004, 24(1): 50-58.

[29] 岳乐平, F Heller, 邱占祥. 兰州盆地第三系磁性地层年代与古环境记录[J] . 科学通报, 2000, 45(18): 1998-2002.

[30] 程绍平, 邓起东, 闵伟. 等. 黄河晋陕峡谷阶地和鄂尔多斯高原第四纪构造运动[J] . 第四纪研究, 1998, 18(3): 238-248.

[31] 岳乐平, 雷祥义, 屈红军. 黄河中游水系的阶地发育时代[J] . 地质论评, 1997, 43(3): 186-192.

[32] 雷祥义, 张猛刚. 渭河中游水系的阶地形成年代[C] //卢演伟, 高维明, 陈国星. 等. 新构造与环境. 北京: 地震出版社, 2002.