

鄂尔多斯盆地北部中生代构造特征及其演化

郑孟林¹, 金之钧¹, 王毅¹, 刘池阳², 徐高中³

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 西北大学
地质学系, 陕西 西安 710069; 3. 核工业二零三研究所, 陕西 咸阳 712000)

[摘要] 根据地震、地质等资料, 结合野外地质及前人研究成果, 对鄂尔多斯盆地北部中生代晚期以来后期改造特征进行了研究。结果表明, 盆地周缘和内部在中生代都受到后期改造作用, 周缘存在挤压逆冲推覆和拉张断陷等不同性质的构造改造作用。在盆地北部, 盖层中的构造受到了基底断裂的控制, 正断层、逆断层和由基底断裂控制的挠曲构造等有规律发育, 根据构造的发育特点将盆地北部分为东胜、三眼井、准格尔旗、鄂托克旗、乌审旗—榆林和定边—绥德构造区。自侏罗纪以来, 盆地经历了萎缩消亡和周缘逆冲构造带的形成、挤压隆升剥蚀和拉张隆升剥蚀3大构造演化阶段, 现今构造是中生代多期构造作用的结果。

[关键词] 鄂尔多斯盆地; 北部; 中、新生代; 构造特征; 演化

[中图分类号] TE121.2 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2006)03-0034-06

Structural Characteristics and Evolution of North Ordos Basin in Late Mesozoic and Cenozoic

ZHENG Meng lin¹, JIN Zhi jun¹, WANG Yi¹, LIU Chi yang², XU Gao zhong³

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, SINOPEC, Beijing 100083, China;
2. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China;
3. No. 203 Research Institute in Nuclear Industry, Xianyang 712000, Shaanxi, China)

Abstract The structural characteristic of the North Ordos basin in the Late Mesozoic and the Cenozoic is researched with the data of seismic, geological and former achievements. The result shows that the margin and inside of the basin are all reformed since late Mesozoic. There exist compressional thrust nappe belt and tensional faulted depression belt around the Ordos basin. In northern basin, structures developed in cover strata are controlled by basement faults. Normal faults, reverse faults and flexural structures are developed regularly. Six structural areas, Dongsheng, Sanyanjing, Zhungeer, Etuoqeqi, Wushenqi Yulin and Dingbian Suide, are recognized according to their respective structural characteristics. Since the Jurassic, basin evolution can be divided into three stages of basin die out and thrust nappe formation, compressional uplift and erosion, tensional uplift and erosion. The present structure in the north basin is the result of multi events from the Jurassic to present.

Key words: Ordos basin; north; mesozoic; cenozoic; structural characteristics; evolution

0 引言

鄂尔多斯盆地是中新生代盆地叠加在古生代

盆地之上的叠合盆地^[1-4], 现今表现为构造残余盆地。长期以来, 对鄂尔多斯盆地的认识是盆地处于稳定的克拉通内, 边界受到强烈的后期改造, 断裂、褶皱构造发育, 内部稳定, 对盆地构造的研究也集

[收稿日期] 2006-01-16

[基金项目] 国家重点基础研究发展计划项目(2003CB2146000)

[作者简介] 郑孟林(1968-), 男, 河北博野人, 高级工程师, 博士, 从事含油气盆地构造研究。

中在周缘^[5-14]。多数学者认为,盆地内部后期除了整体抬升剥蚀外,其他构造活动微弱,对盆地内部研究主要集中在基底^[15-17]、沉积、演化和地层的不整合及其对油气的地质作用^[1-4, 18-21]等方面。随着物探勘探技术的进步和勘探资料品质的提高,盆地内部复杂的构造活动特征逐渐被揭示,盆地内部在中新生代的构造活动开始引起研究人员的关注^[22-24]。笔者应用地震、非地震和野外地质观测等资料,对盆地离石—惠安堡以北地区基底断块在中新生代的差异活动特征进行了深入研究。

1 盆地北部构造分区及其特征

盆地北部航磁异常复杂,在准格尔地区为北西向条带状展布,东胜和榆林—乌审旗地区为北东向条带状磁异常,鄂托克旗地区为低幅度平稳磁异常,杭锦旗—三眼井地区为近东西向航磁异常,复杂的磁异常特征反映了盆地基底结构、构造差异。应用地表地质、地震和非地震资料对北部进行了编图研究,发现盆地盖层内构造主要受到北东、北西和近东西向基底构造的控制,在不同地区具有不同特征,与基底构造的主体发育方向一致,据此对该

区进行了构造分区(图 1),划分为东胜、三眼井、准格尔旗、鄂托克旗、乌审旗—榆林和定边—绥德近东西向构造发育区。

准格尔旗构造变形区地表出露石炭—二叠系、三叠系、侏罗系,地层整体向南西方向倾斜,发育北西向的褶皱和断裂构造(图 2)。沿准格尔—榆树湾,河曲—五字湾北、清水存在北西向挠曲构造^[31],与挠曲发育一组同向断裂构造,清水北西向正断层带延伸规模在 20~30 km,形成地堑结构;榆树湾地区发育一条南西倾正断层,延伸 16 km;河曲—五字湾北东向南部表现为规模为 2~4 km 的断裂带,由 5 条断裂组成;在哈镇,三叠纪和石炭—二叠纪地层内,相间发育 1~5 条北西向正断层带,形成断阶或地堑结构。该区构造的发育具有规律性,断层的活动具有由黄河一带向盆地方向减弱的趋势,黄河边发育正断层,而向东胜方向逐渐为挠曲构造,挠曲构造发育的最新地层为侏罗系。

东胜北东向构造变形区位于东胜—伊金霍洛旗、杭锦旗—达拉特旗之间,南部被伊金霍洛旗南近东西向航磁异常带限制,该区航磁异常北东向条带状展布,反映了北东向延伸的基底结构、构造。该区地层发育齐全,寒武—奥陶系削蚀尖灭线北东

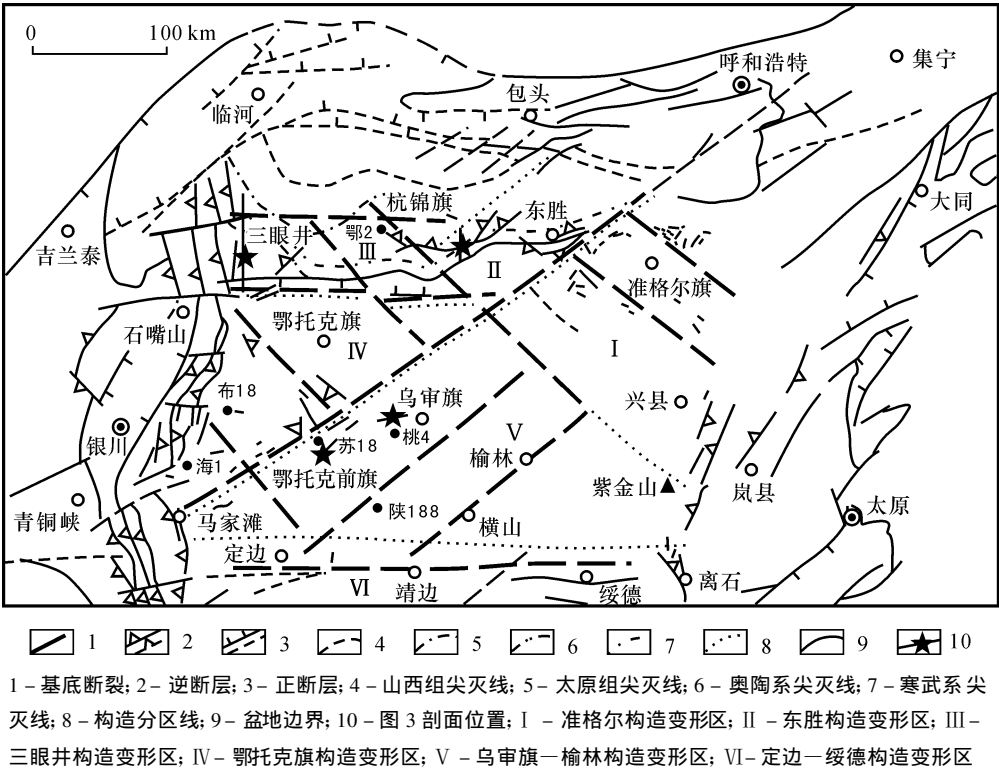
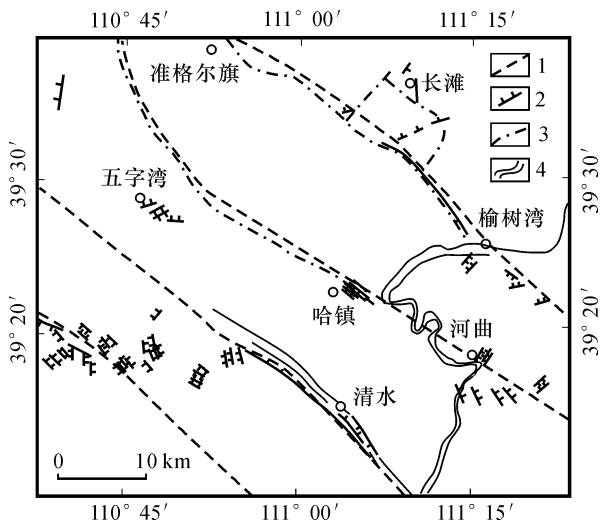


图 1 鄂尔多斯盆地北部构造

Fig. 1 Structural Map of North Ordos Basin



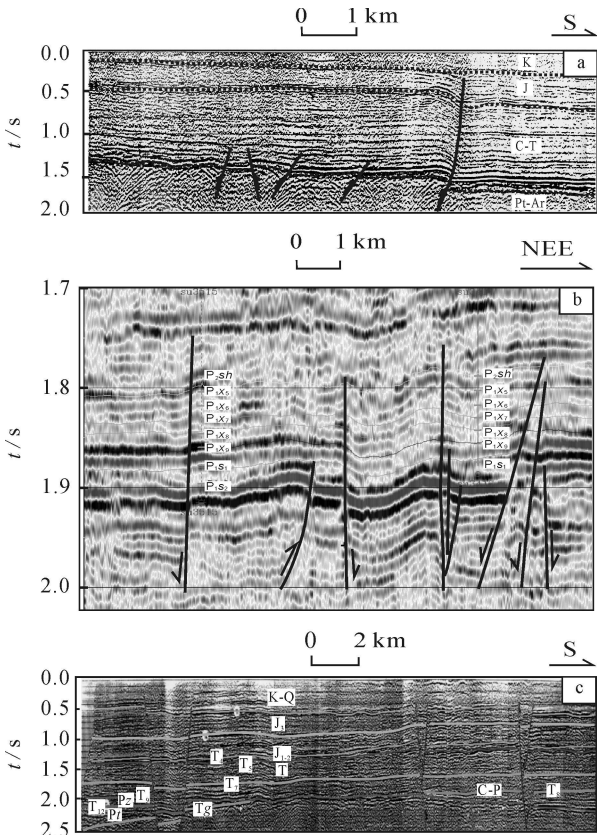
1 - 基底断裂; 2 - 正断层; 3 - 挠曲构造; 4 - 黄河
图 2 准格尔地区挠曲构造与基底断裂分布
Fig. 2 Distribution of Flexure Structures and Basement Faults Zhungeer Area

向展布, 石炭—二叠系超覆寒武—奥陶系和前寒武系之上。地表在北东部出露三叠系、侏罗系外, 大部地区被下白垩统覆盖, 下白垩统在该区自下而上分为伊金霍洛旗组(罗汉洞组)和东胜组。目前地层的残余分布明显呈北东向展布, 伊金霍洛旗组(罗汉洞组)二段集中出露于东胜—伊金霍洛旗一带, 其东南和北西都为伊金霍洛旗组三段。东胜组分布于东胜西北地区, 一段分布较为广泛, 二段沿罕台川—大卡沟北东方向分布, 地层内局部发育北东向正断层。目前对该区泊尔江海子断层研究程度较高。该断层走向北东, 由西北向南东逆冲, 倾角较陡, 为基底卷入型断层, 在断层上盘形成断层传播褶皱; 在该断层北部发育数条断距在几米到几十米的切基底和石炭—二叠系的小型同期逆冲断层(图 3a)。泊尔江海子断层被下白垩统覆盖, 该构造目前已发现气藏。

乌审旗—榆林构造变形区在紫金山—神木以南、鄂托克前旗—东胜以东、马家滩—横山以北的广大区域, 航磁异常为北东向条带状异常带。该区地表自东而西出露三叠系、侏罗系和下白垩统, 地层走向北东向, 北西倾伏, 地层向北东延伸到紫金山—神木—伊金霍洛旗南以南, 走向由北东向北西发生改变。该区下白垩统自下而上发育洛河组、华池—环河组、罗汉洞组, 华池—环河组出露于紫金山—神木北西向分界线以南地区, 罗汉洞组则主要残存分布在其以北地区。该区西部边界地区, 地震剖面上断层构造发育, 主要沿鄂托克前旗、乌审旗、

东胜方向断续展布^[22], 断裂切割的地层层位具有由南西向北东方向变新的特点, 在鄂托克前旗一带, 断裂的发育层位为二叠系及其以下地层, 断距为 40 ~ 240 m, 正断层、逆断层都很发育。在苏里格气田区, 断层切割了石炭系—侏罗系, 断距在几米到几十米之间, 断层陡直, 密集发育, 显示基底断裂的控制特点(图 3b)。本区乌审旗南和榆林两条基底断裂不仅在航磁异常和 MT 资料上有清楚显示, 地震资料显示了塔巴庙—大牛地地区断层密集带的发育, 与这些基底断裂的后期活动有关。

三眼井构造变形区位于三眼井—杭锦旗地区, 为近东西向航磁异常带发育区, 向东与东胜北东向航磁异常区相接, 南与鄂托克旗平缓异常区以异常梯度带相邻, 存在 3 个东西向的高磁异常带。该区沉积地层齐全, 寒武—奥陶系分布在南部, 石炭—二叠系超覆在下古生界和前寒武系之上。地表出露地层为下白垩统华池—环河组、罗汉洞组, 局部发育近东西向断层, 断层延伸 5 ~ 10 km。地震剖面显示, 断层集中发育, 倾角陡直, 一般由 1 ~ 2 条断



A - 东胜地区 JC3 线; B - 苏里格地区苏 3515 ~ 3417 连井剖面; C - 三眼井地区 JC84160; 剖面位置见图 1

图 3 鄂尔多斯盆地北部地区地震地质解释剖面
Fig. 3 Interpretited Seismic Section of Norten Ordos Basin

层组成 Y 字型或堑垒型断层带(图 3c), 断层上、下盘或断层之间的地层变形微弱, 断层切割深致基底, 浅到下白垩统, 结合非地震资料, 盆地盖层中断层发育区与基底深断裂的位置相一致, 受到基底断裂的控制。

鄂托克旗构造变形区夹持于三眼井、东胜和乌审旗—榆林构造变形区之间, 是盆地中央凹陷的北部主体位置, 西邻西缘构造带, 为平缓航磁异常区。该区地层发育齐全, 古生界、中生界都有沉积, 地层厚度由东向西增厚, 地表主要出露下白垩统, 北部为华池—环河组、罗汉洞组, 南部主要出露罗汉洞组, 局部为泾川组, 上被渐新统不整合覆盖, 白垩系内局部发育 5~10 km 的正断层。该区地震剖面发现的断层一般为逆断层, 错断石炭—二叠系, 断距几米到数十米, 并集中带状发育, 显示了受基底断裂控制的特点。此外, 在近西缘冲断带地区, 发育一些规模较大的逆冲断层, 与西缘逆冲带的形成密切相关。

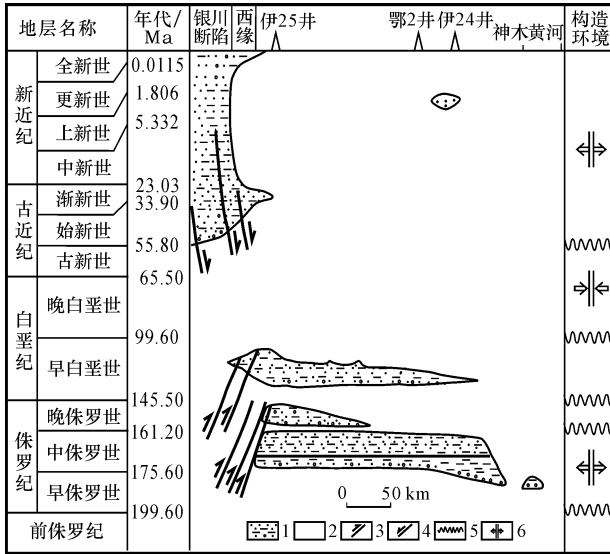
盆地中部沿惠安堡—绥德发育近东西向断裂, 集中展布于 37°~38°20′之间, 南北宽约 300 km, 由黄湾断层、高原山断层、砖庙—田家岔断层、罗庞塬—吴沧堡断层等断层带组成, 多表现为张性断层, 少数为压性^[25]。三叠纪地层沉积以该构造带为界, 具北薄南厚北粗南细的特点^[4, 26]。三叠纪末的构造抬升表现为北高南低, 北部剥蚀强烈, 延长组一至三段几乎剥蚀殆尽, 南部地层保存相对完整。在地震剖面上该断裂带为陡直的密集发育断层带, 一些地震剖面具有负花状构造特征, 一些断层延至地表, 显示在新生代后期改造期仍然具有活动性, 沿断裂带发育有发牛坡、王家场、马坊、东记庄、彭滩、郝滩麒麟沟、子洲等一系列的局部隆起或背斜^[23]。在区域上, 该断层带是青铜峡—石家庄断裂带(卫宁—离石断裂带)的组成部分, 称为 38°断裂构造带, 是华北板块内部规模宏伟、长期活动的东西向构造带。

盆地内部构造区划线就是盆地基底大断裂存在的位置, 沉积盖层沿这些断裂部位构造复杂, 特别是这些基底断裂的相交部位沉积盖层内断裂最发育而且复杂。

2 构造事件与构造演化

侏罗纪盆地范围东到宁武、临汾, 西到银川以

西^[3], 远远超出了现今的侏罗系残留边界。侏罗纪以来的构造事件是盆地北部现今构造格局主要构造因素。根据侏罗纪以来的构造演化特点和构造事件的表现特征, 将该区的构造演化划分为盆地萎缩消亡与周缘冲断带的形成、挤压隆升剥蚀和拉张隆升剥蚀三大构造演化阶段(图 4)。



1 - 残余地; 2 - 缺失地; 3 - 逆断层;
4 - 正断层; 5 - 挤压事件; 6 - 伸展事件
图 4 鄂尔多斯盆地北部构造演化阶段

Fig. 4 Structural Evolution Stage of North Ordos Basin

2.1 盆地萎缩消亡与周缘冲断带的形成演化阶段

侏罗纪初, 尤其是富县组和延安组的早期沉积, 盆地北部受到古构造和古地形的控制, 准格尔构造变形区富县组呈北西向条带状展布, 说明早侏罗世沉积的古构造格局就是北西向。

晚侏罗世, 盆地发生了翘倾作用, 上侏罗统与中下侏罗统之间表现为平行不整合或角度不整合接触, 上侏罗统局限分布在三眼井和鄂托克旗两构造变形区内, 地层整体由东向西增厚, 但不同构造区的厚度变化较大, 北部伊 7 井钻遇 113 m, 南部伊 25 井厚 66 m。

侏罗纪末的构造事件是盆地非常重要的一次构造事件, 在盆地周缘形成了强烈的逆冲构造带, 并隆升遭受剥蚀。东部沿大同、临汾、运城等形成了雁列展布由东向西推覆的逆冲带, 卷入的最新地层为侏罗系, 形成时代应为中侏罗世末—晚侏罗世^[27]。盆地北部西缘冲断带、北部泊尔江海子断层、包头—呼和浩特北部逆冲推覆构造^[28]都被下白垩统不整合覆盖。西缘伊 25 井揭示下白垩统与侏

罗统不整合接触,而伊3、伊16井区与石炭一二叠系不整合接触,显示了下白垩统沉积前的重要构造事件。这次构造事件不仅导致了侏罗纪盆地消亡和周缘的冲断带形成,盆地内部遭受了较为强烈的构造改造,准格尔构造变形区的挠曲构造、东胜地区的逆冲断层以及乌审旗—榆林构造变形区的一些断层构造形成,都是该构造事件的结果。东胜和准格尔构造变形区隆升相对强烈,三叠系、侏罗系遭受剥蚀强度较大,根据地震资料,杭锦旗以西地区中下侏罗统被上侏罗统覆盖,地层厚度约1 000 m,在东胜、准格尔地区的残余厚度在400~500 m,一些地区剥蚀殆尽,地层被下白垩统不整合覆盖,显示侏罗纪末挤压构造事件后到下白垩统沉积前该区剥蚀厚度在500~600 m,最大可达1 000 m。

早白垩世,盆地北部、西部邻区发生了较为强烈的伸展构造事件,并伴随着大量玄武岩的侵入,形成了系列的伸展断陷湖盆地,在阿拉善地块上巴彦浩特、雅布赖盆地、六盘山盆地虽然也是伸展背景下的断陷盆地,以干旱环境的碎屑岩建造为特征。磷灰石裂变径迹研究成果证实,盆地在135 Ma存在一次构造热事件^[29],这与银额盆地、西缘汝箕沟地区发生的玄武岩岩浆侵入时间以及盆地东部紫金山碱性岩体的活动时代一致。鄂尔多斯盆地西缘冲断带在经历了剥蚀夷平后于早白垩世沉降接受沉积。上述事实说明,鄂尔多斯早白垩世盆地处于伸展构造背景中。该区早白垩世沉积具有西厚、东薄的特点,东部伊17井残余厚度643 m,而西部伊7井厚度965 m,沉积中心在西部凹陷区。

2.2 挤压隆升剥蚀构造演化阶段

早白垩世末—古新世,是挤压构造背景中的隆升剥蚀阶段。紫金山—神木以北的准格尔地区三叠系、侏罗系开始大面积出露;下白垩统主要分布在紫金山—神木以南地区。乌审旗—榆林构造变形区,以榆林北东向基底断裂为界东部抬升强烈,白垩系的残余分布向西退缩,不仅下白垩统遭受了较为强烈的剥蚀,侏罗系、三叠系也遭受了不同程度的剥蚀。

晚白垩世—古新世的构造挤压隆升是盆地主要的剥蚀期。在定边、盐池和伊25井区,渐新统分别不整合在下白垩统泾川组、罗汉洞组和华池—环河组之上。泾川组在渐新统沉积前,仅残存于鄂托克前旗以西地区,其他地区已经剥蚀殆尽。向西缘冲断带和银川断陷方向,下白垩统沉积除超覆减薄

外,更具特征的是在始—渐新统沉积前,白垩系已经遭受了强烈剥蚀,白垩系随断块的翘倾而向西倾,厚度由伊25井的1 135 m减薄到伊3、伊16井的309 m和242 m。

2.3 拉张隆升剥蚀构造演化阶段

古近纪始新世开始,周缘的银川、河套断陷都表现为断陷,并向鄂尔多斯方向翘倾,鄂尔多斯盆地成为这些断陷沉积的物源区。河套断陷新生代最大沉积厚度在10 000 m以上,从始新世到上新世,断层活动强度逐渐增大^[30-31]。在这种周缘伸展构造背景中,盆地北部受基底断裂控制的断块再次发生不平衡调整,在不同的断块内形成了不同方向的断距在几米到几十米的小正断层,在基底断裂发育地带最为发育,显示了断块在拉张构造背景中的差异活动特征。三眼井地区近东西向正断层以及盆地内密集的小断层下切基底,上至下白垩统,都形成于该时期。

上新世,盆地北部发生沉降接受沉积,北部乌审旗、伊金霍洛旗以及紫金山等众多地区零星分布的上新统证实了盆地的沉降作用。乌审旗地区局限分布的上新统不整合在华池—环河组之上,在伊金霍洛旗南伊14井附近,残余分布的上新统分别不整合在洛河组、华池—环河组和罗汉洞组之上,盆地东缘紫金山、兴县、河曲等地的上新统不整合在三叠系、石炭一二叠系以及下古生界之上。乌审旗伊15井的下白垩统与西部伊25井相比残余厚度要薄,仅逾600 m。这种厚度减薄除沉积因素外,主要应为发生在上新统沉积前的构造剥蚀所致。因此,盆地大规模的隆升剥蚀应发生在上新世之前。更新世,盆地再次隆升,上新统在盆地腹部剥蚀殆尽,零星残存分布,盆地现今构造格局定型。

3 结论

鄂尔多斯盆地北部构造复杂,可划分为东胜、三眼井、准格尔旗、鄂托克旗、乌审旗—榆林和定边—绥德等构造变形区。各构造变形区之间虽然只证实了基底深断裂的存在,但各区主体构造特征存在差异,在中生代晚期和新生代隆升剥蚀强度存在差异,残存地层不同,显示了其差异构造活动特征。

盆地在晚中生代—新生代经历了盆地消亡、挤压隆升和拉张隆升3大演化阶段,侏罗纪末的挤压

构造事件导致了盆地周缘冲断带,盆地北部逆冲断层和挠曲等构造形成。根据地层的接触关系确定盆地的主要剥蚀期可能在前始新世。拉张隆升阶段导致了盆地内众多小断距断层的发育,是基底构造的差异活动结果,盆地的剥蚀强度明显小于挤压隆升阶段。

[参 考 文 献]

[1] 孙肇才,谢秋元. 叠合盆地的发展特征及其含油气性——以鄂尔多斯盆地为例[J]. 石油实验地质, 1980, 2(1): 13 - 21.

[2] 孙国凡, 谢秋元. 鄂尔多斯盆地的演化叠加与含油气性——中国大陆板块内部一个大型盆地的原型分析[J]. 石油与天然气地质, 1986, 7(4): 357 - 367.

[3] 赵重远. 鄂尔多斯盆地的演化历史、形成机制和含油气有利区[C] // 赵重远, 刘池洋. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存. 西安: 西北大学出版社, 1990.

[4] 李克勤. 长庆油田石油地质志卷十二[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992.

[5] 白玉宝, 孙东胜. 离石断裂构造特征及其演化[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(1): 77 - 80.

[6] 赵重远, 郭忠铭, 惠斌耀. 河套弧形构造体系及其形成和演化机制[C] // 赵重远, 刘池洋. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存. 西安: 西北大学出版社, 1990.

[7] 赵重远. 鄂尔多斯地块西缘演化及其板块应力机制初探[C] // 赵重远, 刘池洋. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存. 西安: 西北大学出版社, 1990.

[8] 任战利. 宁武-静乐盆地西北缘逆冲断裂带的构造特征及其形成机制[C] // 赵重远, 刘池洋. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存. 西安: 西北大学出版社, 1990.

[9] 王 锋, 刘池洋, 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.

[10] 冉勇康, 陈立春, 杨晓平, 等. 鄂尔多斯地块北缘主要活动断裂晚第四纪强震复发特征[J]. 中国科学: D 辑, 2003, 33(B04): 135 - 143.

[11] 范俊喜, 马 瑾, 甘卫军. 鄂尔多斯地块运动的整体性与不同方向边界活动的交替性[J]. 中国科学: D 辑, 2003, 33(B04): 119 - 128.

[12] 刘正宏, 徐仲元, 杨振升, 等. 鄂尔多斯北缘石合拉沟逆冲推覆构造的发现及意义[J]. 地质调查与研究, 2004, 27(1): 24 - 27.

[13] 王贵玲, 刘志明, 蔺文静. 鄂尔多斯周缘地质构造对地热资源形成的控制作用[J]. 地质学报, 2004, 78(1): 44 - 51.

[14] Darby B J, Bradley D, Ritts B D. Mesozoic Contractional

Deformation in the Middle of the Asian Tectonic Collage: the Intraplate Western Ordos Fold Thrust Belt[J]. China Earth and Planetary Science Letters, 2002, 205(1/2): 13 - 24.

[15] 贾进斗, 何国琦, 李茂松, 等. 鄂尔多斯盆地基底结构特征及其对古生界天然气的控制[J]. 高校地质学报, 1997, 3(2): 144 - 153.

[16] 丁燕云. 鄂尔多斯盆地北部航磁反映的构造特征[J]. 物探与化探, 2000, 24(3): 197 - 202.

[17] 江为为, 郝天珧, 宋海斌. 鄂尔多斯盆地地质地球物理场特征与地壳结构[J]. 地球物理学进展, 2000, 15(3): 45 - 53.

[18] 刘孝汉, 秦伯平, 刘显阳. 陕甘宁盆地不整合侵蚀面对油气聚集与分布的控制作用[J]. 华北地质矿产杂志, 1995, 10(3): 415 - 421.

[19] 鲍志东, 李儒峰, 冯增昭. 鄂尔多斯盆地东西部奥陶系对比再研究[J]. 地质论评, 1999, 45(4): 375 - 381.

[20] 屈红军, 李文厚, 梅志超, 等. 论层序地层学与含油气系统在油气勘探中的联系——以鄂尔多斯中生代盆地为例[J]. 地质论评, 2003, 49(5): 495 - 500.

[21] Yang Yongtai, Li Wei, Long Ma. Tectonic and Stratigraphic Controls of Hydrocarbon Systems in the Ordos Basin: A Multicycle Cratonic Basin in Central China[J]. AAPG Bulletin, 2005, 89: 255 - 269.

[22] 姚宗惠, 张明山, 曾令邦, 等. 鄂尔多斯盆地北部断裂分析[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(2): 20 - 23.

[23] 邱领军. 鄂尔多斯盆地基底演化及沉积盖层相关问题的探究[D]. 西安: 西北大学, 2003.

[24] 万丛礼, 付金华, 张 军. 鄂尔多斯西缘前陆盆地构造—热事件与油气运移[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(2): 43 - 47.

[25] 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.

[26] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2003.

[27] 刘光勋. 汾渭地堑边缘挤压构造带及其地质意义[J]. 构造地质论丛, 1985(4): 61 - 68.

[28] 陈志勇, 李玉玺, 王新亮, 等. 包头—呼和浩特北部地区逆冲推覆构造[J]. 地质通报, 2002, 21(4): 251 - 258.

[29] 孙少华, 李小明, 龚革联, 等. 鄂尔多斯盆地构造热事件研究[J]. 科学通报, 1997, 42(3): 306 - 308.

[30] 赵孟为. 河套盆地断裂构造及其特征[C] // 赵重远, 刘池洋. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存. 西安: 西北大学出版社, 1990.

[31] 孙国凡, 苗永旺. 伊克昭盟东北地区构造特征[R]. 陕西咸阳: 国家地质总局第三普查大队, 1978.