地质与测量

宁东煤田南北段构造演化差异成因研究

刘 亢[1,2],曹代勇[1],高科飞[1],张 强[1],马志凯[1]
(1. 中国矿业大学(北京) 煤炭资源与安全开采国家重点实验室,北京 100083;2.《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司,北京 100192)

摘 要:为探讨构造演化过程对煤系现今赋存状况的影响,基于构造动力学背景,采用构造沉降史与构造应力场恢复,对宁东煤田南北段的构造演化过程及分异成因进行了综合分析。结果表明:宁东煤田不同时期受不同构造单元联合控制,构造演化过程复杂;煤田构造沉降史存在东西向分异,由于所处逆冲推覆构造系统位置不同,西部抬升剥蚀量较东部大;煤田构造应力场存在明显南北向分异,由于分属不同逆冲推覆构造系统,各期应力场南北部最大主应力方向不甚相同,其构造演化分异主要受北祁连褶皱带和阿拉善地块的控制影响,南北两段分属六盘山和贺兰山逆冲推覆构造系统,西部受力作用较东部强烈。

关键词:宁东煤田;构造演化;沉降史;构造应力场
中图分类号:P618.11 **文献标志码**:A **文章编号**:0253-2336(2017)06-0157-08

Study on differentiation cause about tectonic evolution of northern and southern segments in Ningdong Coalfield

Liu Kang[1,2], Cao Daiyong[1], Gao Kefei[1], Zhang Qiang[1], Ma Zhikai[1]
(1. *State Key Laboratory of Coal Resource and Mine Safety, China University of Mining Technology (Beijing), Beijing* 100083, *China*; 2. *China Academic Journal (CD) Electronic Journals Publishing House, Beijing* 100192, *China*)

Abstract: In order to discuss the influence of tectonic evolution process on the present hosting condition of coal series, based on the tectonic dynamics background, the tectonic evolution process and its differentiation genesis of northern and southern segments in Ningdong Coalfield were analyzed by using the tectonic subsidence history and tectonic stress field recovery. It showed that the tectonic evolution process of Ningdong Coalfield was complicated due to the joint control of different tectonic units. The subsidence history of the coalfield was obviously different from west to east. Due to the different position of the thrust nappe structure system, the uplifting denudation in the west is larger than that in the east. The tectonic stress field of coalfield was obviously different from north to south. Due to the different thrust nappe tectonic systems, the direction of maximum compressive stress in the north and south of the stress field is not the same. The tectonic evolution was mainly affected by the control of the northern Qilian fold belt and the Alashan block. The north and south segments belonged to the Liupanshan and Helan Mountain thrust nappe tectonic systems, and the western force was stronger than the eastern part.

Key words: Ningdong Coalfield; tectonic evolution; subsidence history; tectonic stress field

0 引 言

宁东煤田北起红墩子与内蒙古自治区相接,南至萌城与甘肃相接,西以黄河断裂及青铜峡-固原大断裂为界,东与陕西省毗邻,南北长 104~200 km,东西宽 80~105 km,面积约 13 224 km^2。

在区域大地构造位置上,宁东煤田位于鄂尔多斯盆地西缘构造带的中部,恰好处于相对稳定的阿拉善地块、鄂尔多斯地块与多期活动的秦祁褶皱带和六盘山弧形构造带的复合交汇部位,属

收稿日期:2017-01-15;**责任编辑**:曾康生 **DOI**:10.13199/j.cnki.cst.2017.06.026
基金项目:中国地质调查局地质调查资助项目(12120114012201)
作者简介:刘 亢(1985—),女,河南洛阳人,博士。通讯作者:曹代勇,教授。Tel:15110220835,E-mail:liukangluck@163.com
引用格式:刘 亢,曹代勇,高科飞,等.宁东煤田南北段构造演化差异成因研究[J].煤炭科学技术,2017,45(6):157-164.
Liu Kang, Cao Daiyong, Gao Kefei, *et al*. Study on differentiation cause about tectonic evolution of northern and southern segments in Ningdong Coalfield[J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(6): 157-164.

中国煤炭期刊网 www.chinocaj.net

联结我国东部华北陆块和西部秦祁昆造山带 2 个不同大地构造单元的枢纽,具有复杂的地质构造特征。构造演化过程对聚煤期、聚煤区及煤层现今的赋存状况有着重要的控制作用,聚煤期受控于大地构造背景;聚煤区围绕沉降中心呈环带状展布;构造变形则控制着煤层的埋深、产状及连续性等[1-3]。长期以来,很多学者对鄂尔多斯盆地西缘构造带的构造特征、构造分区、形成机制和构造演化等进行了大量的研究。杨俊杰[4]研究了盆地构造演化特征对油气分布的影响;刘少峰等[5]将西缘构造带分为阿拉善层滑式推覆构造带、贺兰山伸展构造带、东祁连褶皱逆冲带;张泓等[6]分析了鄂尔多斯煤盆地的构造环境及构造应力场;张进等[7]指出西缘构造带南北两部分有各自相对独立的形成机制;刘池洋等[8]将盆地中生代演化详细分为 4 个阶段;白云来等[9]认为喜马拉雅晚期是盆地西缘最后定型的大致时间;赵红格等[10]将盆地西缘构造带分为 3 区 7 段;杨圣彬等[11]认为盆地西缘构造带在晚三叠世-白垩纪时期内构造基本定型。但上述研究对构造变形强度多是定性描述,对南、北段构造演化过程中产生的分异缺少相应的成因分析。

笔者力图对鄂尔多斯盆地西缘构造带的中心部位、南北分段的核心地区,即宁东煤田,通过沉降史恢复和构造应力场分析等,定量化研究其构造变形差异,并结合区域构造动力学背景,探讨其构造演化分异的成因。

1　构造特征

宁东煤田构造展布特征具有一定的规律性,断裂的走向自南向北由 NW—NNW 向逐渐过渡到 NE 向。根据构造发育特征及成因机制,大体以青铜峡—马家滩一线为界,可将宁东煤田分为南、北 2 段。

1)北段。位于红敦子—横山堡地区,呈南北—北东走向,属鄂尔多斯地块与阿拉善地块的结合部,包括红敦子、横城、灵武和鸳鸯湖矿区。主要构造特征是,由一系列东倾逆冲断层组成,构造成排成带,是宁东煤田北段向西逆冲规模最大、变形最强烈的地区。据地层展布及产状分析,在白垩纪沉积前为一大型古隆起的东翼,主要表现为由东向西地层全部东倾,且剥蚀程度逐渐加大,推测古隆起的最高部位应在现在的银川盆地东侧。由北向南断层数量及规模逐渐减少,到横山堡以南,地层变形更加微弱。

2)南段。位于马家滩—甜水堡地区,呈南北—北北西走向,属祁连褶皱带与鄂尔多斯地块的结合部,包括石沟驿、积家井、马家滩、韦州和萌城矿区。主要构造特征是,由一系列走向逆冲断裂组成,自西向东为青铜峡—固原断裂、韦州—安国断裂、青龙山—平凉断裂、惠安堡—沙井子断裂、马家滩—马柳断裂,形成了典型的逆冲推覆构造。逆冲断面主要西倾,向东逆冲,断面倾角均上陡下缓、逐渐收敛,逆冲席呈叠瓦状自西向东依次推覆,水平位移大。

2　沉降史特征

盆地沉降史分析可提供沉积盆地构造演化的重要信息,也可作为定量或半定量划分盆地构造演化阶段的主要参数之一[12]。因此,通过对地层的分析可以了解其构造演化历史。对宁东煤田 9 个矿区代表性钻孔按不同的地层单元分别进行了深度、厚度和砂泥比统计,地层时代资料取自文献[13]和最新国际地层表[14]。采用回剥法[15-16]绘制了煤田 9 个矿区的基底沉降曲线与构造沉降曲线(图 1)。

2.1　沉降曲线综合模式

总体上,宁东煤田的沉降过程可概括为 5 段式(图 2),自晚古生代以来该井田的沉降主要经历了 3 期沉降和 2 期抬升。

1)Ⅰ段,晚石炭世至三叠世,曲线下降,此阶段宁东煤田石炭二叠系含煤地层土坡组、太原组、山西组、石盒子组缓慢沉降发育后被三叠系快速沉降埋藏。

2)Ⅱ段,早侏罗世,曲线上升,此阶段为燕山运动初期,鄂尔多斯盆地西缘被逐渐抬起,遭受剥蚀,盆地中东部形成局部沉积,盆地西部未见相应沉积。据文献[17],三叠系与侏罗系的接触关系由鄂尔多斯盆地内部向盆地西缘逐步从平行不整合、微角度不整合变为高角度不整合,生动展示了盆地西部逐渐抬升的历史演变过程。

3)Ⅲ段,中侏罗世至早白垩世,曲线下降,此阶段重要含煤岩系延安组在构造运动相对稳定的背景下沉积,之后,继续沉积了直罗组和安定组。晚侏罗世,鄂尔多斯盆地西缘逆冲活动强烈,造成大部分地区侏罗系与白垩系之间的高角度不整合接触。早白垩世,构造活动较晚侏罗世减弱,沉积广泛。

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

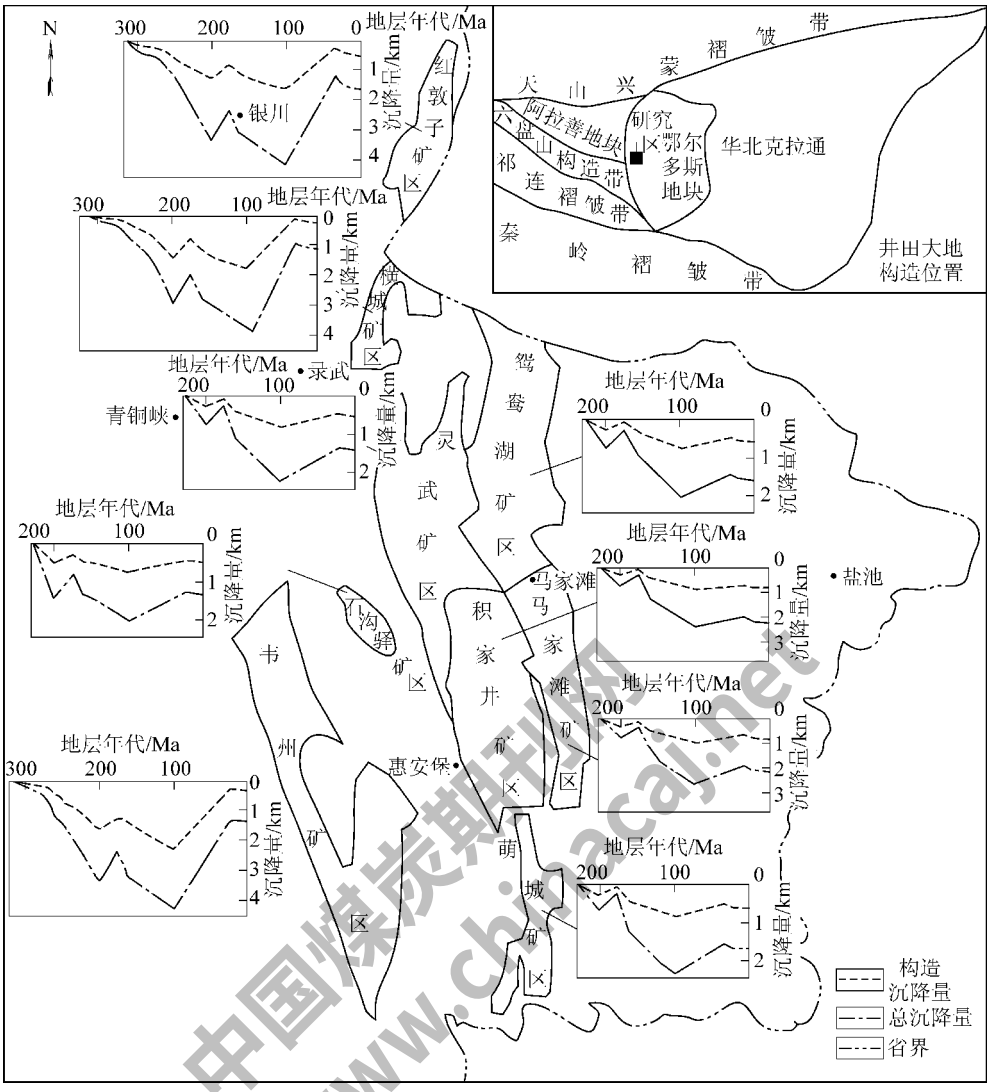


图 1　宁东煤田大地构造位置及各矿区沉降史曲线

Fig. 1　Geotectonic position of Ningdong Coalfield and subsidence curves of each mining area

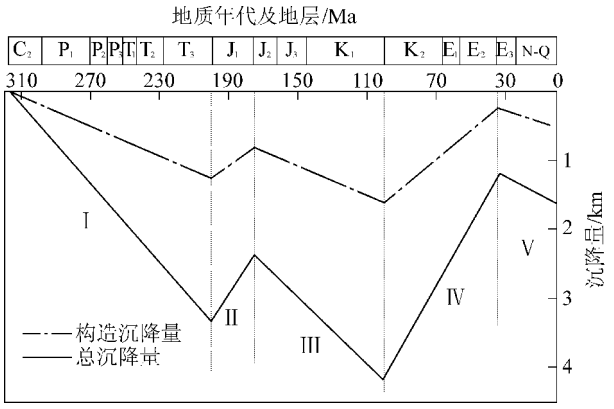


图 2　沉降曲线综合模式

Fig. 2　Comprehensive model of subsidence curves

4)Ⅳ段,晚白垩世至始新世,曲线上升,此阶段燕山运动强烈,使全区普遍隆起遭受剥蚀,整个地区均缺失晚白垩系,部分地区中晚三叠系和侏罗系可能均有不同程度剥蚀。这种全区隆起环境一直延伸到喜马拉雅运动早期,鄂尔多斯盆地及华北大部分地区普遍缺失古近纪早期沉积。

5)Ⅴ段,渐新世以来,曲线下降,喜马拉雅运动北西—南东向的拉张应力使研究区转为沉降状态,普遍接受了渐新世、新近系和第四系的沉积。

2.2　构造沉降史东、西向分异性

由各矿区沉降曲线可看出,宁东煤田的沉降史在东西方向上具有分异性,早侏罗世的构造运动造成全区普遍缺失富县组沉积,晚白垩世至始新世的构造运动造成研究区西部的剥蚀抬升量较西部大。煤田西部的红敦子、横城、韦州矿区出露石炭—二叠系,且在 K2—E2 抬升幅度很大,中生界大部分被剥蚀。这是由于红敦子、横城矿区属贺兰山逆冲推覆系统的前缘反冲带,韦州矿区属六盘山逆冲推覆系统的中带,因

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

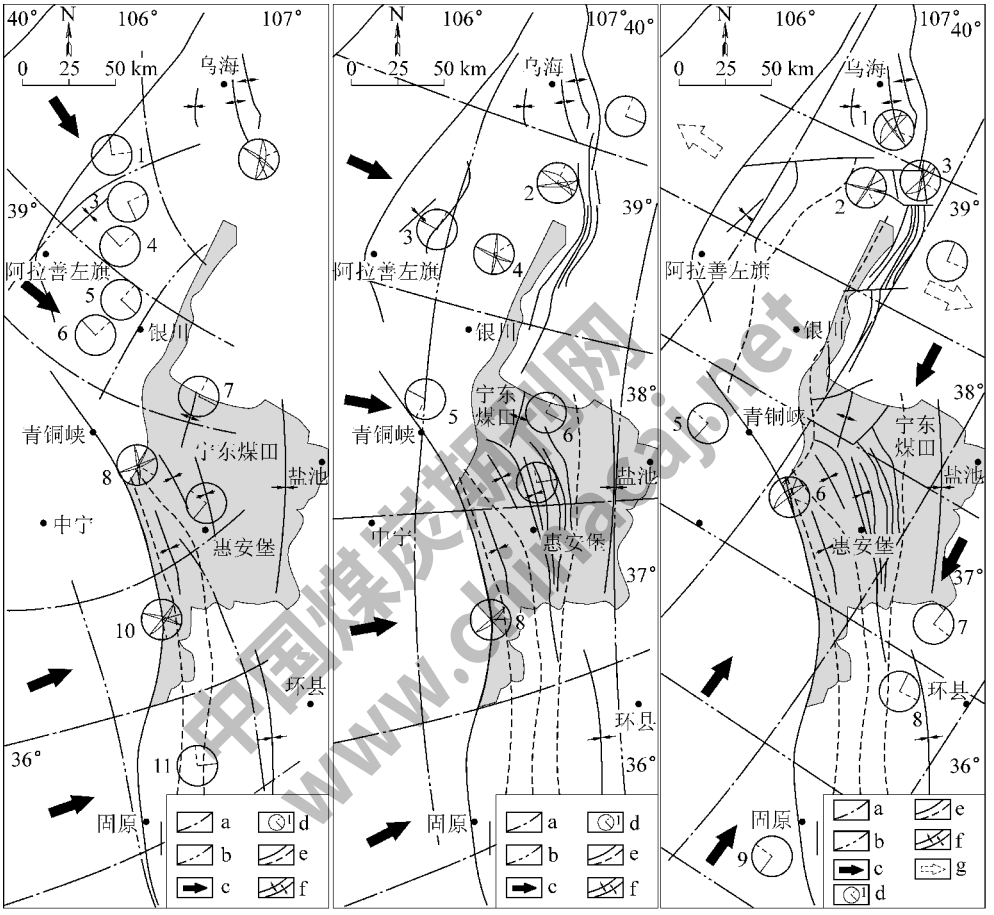
此受抬升剥蚀强烈。东部的积家井、马家滩、萌城矿区属六盘山逆冲推覆系统的锋带,出露白垩系,在 K2—E2 抬升幅度较小,侏罗系大面积保存。中部的灵武、鸳鸯湖、石沟驿矿区具有过渡性质。

3　构造应力场特征

通过大量野外节理和断层产状的观测,以及构造形成序列或期次的重新确定,整理褶皱变形材料,并结合前人的工作[1,3],对宁东煤田中新生代不同期次构造应力场进行了分析。

3.1　各期应力场特征

1)印支期。三叠纪末的印支运动造成了鄂尔多斯盆地侏罗系和三叠系间呈角度(或平行)不整合接触关系,研究区北部最大主应力方向为 SE 向,统计平均值为 158°∠16°;南部最大主应力方向为 NE 向,平均值为 64°∠16°(图 3a,表 1)。



(a) 印支期　　(b) 燕山期　　(c) 喜山期

a—最大主应力轴迹线;b—最小主应力轴迹线;c—挤压方向;d—应力圆及编号;e—断层;f—褶皱;g—拉张方向

图 3　宁东煤田及其周缘印支期、燕山期、喜山期主应力轴迹线

Fig. 3　Principal stress axis trace of Ningdong Coalfield and adjacent areas during Indosinian, Yanshanian and Himalayan

2)燕山期。燕山运动形成研究区侏罗系与白垩系不整合接触,不整合面之上是下白垩统志丹群及其相当层位,其上被厚度不大的新近系不整合覆盖,缺失上白垩统和古近纪地层。燕山古构造应力场与印支期基本一致,北部最大主应力方向为 SEE 向,统计平均值为 127°∠11°;南部最大主应力方向为 NEE 向,平均值为 83°∠10°(图 3b,表 1)。

3)喜山期:研究区在喜山期最大主应力方向为 NNE—SSW 向,平均值为 30°∠14°,拉张应力方向为 NNW—SSE 方向(图 3c,表 1)。

3.2　构造应力场南、北分异性

宁东煤田的构造应力场表现出明显的南北方向上的分异性。印支期,由于在华北、华南板块 SN 向拼合的构造格局中,研究区北部受阿拉善地块向 E 滑移影响,最大主压应力方向转为 SE 向;研究区南部受北祁连褶皱带向 NE 挤压作用,最大主压应力方向转为 NE 向。燕山期,太平洋板块向 NNW 运动与欧亚板块碰撞,特提斯海

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

扩张使拉萨地块与羌塘地块碰撞,二者的联合作用奠定了研究区北部 NNE 向和南部 NNW 向褶皱-逆冲的基本构造格局。喜山期,印度板块向北俯冲,太平洋板块向西俯冲消减,中国大陆东部向东蠕散,在此 NNW—SSE 方向拉张应力下,研究区北部的银川地堑形成,贺兰山转变为由正断层控制的断块山;研究区南部受印度板块影响强烈,处于 NE 向挤压应力中[18-20]。

表 1　研究区节理统计分析

Table 1　Statistical analysis of joints in research area

期	点号	测点	节理组 1	节理组 2	主应力方位		
					σ_1	σ_2	σ_3
印支期	1	宗别立[19]			359°∠23°	225°∠64°	97°∠6°
	2	拉僧庙	287°∠54°	212°∠73°	165°∠15°	97°∠53°	65°∠32°
	3	石嘴山			144°	—	54°
	4	汝箕沟[22]			316°∠5°	47°∠78°	234°∠12°
	5	苏峪口[22]			167°∠29°	327°∠59°	68°∠16°
	6	卢花台[22]			337°∠8°	68°∠72°	142°∠18°
	7	磁窑堡[22]			107°∠16°	279°∠74°	14°∠8°
	8	牛首山	171°∠70°	89°∠74°	40°∠3°	137°∠66°	129°∠23°
	9	惠安堡[22]			196°∠7°	105°∠72°	289°∠17°
	10	小罗山	12°∠80°	128°∠76°	69°∠21°	76°∠68°	160°∠2°
	11	炭山[19]			87°∠33°	—	—
	平均统计				北部 158°∠16°　南部 64°∠16°		
燕山期	1	拉僧庙	238°∠84°	312°∠35°	24°∠35°	143°∠34°	83°∠35°
	2	沙巴台	121°∠72°	195°∠82°	66°∠21°	84°∠68°	159°∠6°
	3	沙巴台东	140°∠80°	98°∠52°	29°∠6°	143°∠74°	118°∠14°
	4	双敖包[22]			10°∠6°	192°∠84°	92°∠3°
	5	大坝西[22]			211°∠7°	116°∠76°	303°∠14°
	6	牛首山	325°∠55°	71°∠88°	25°∠26°	158°∠54°	103°∠22°
	7	洪德城[22]			35°∠8°	274°∠79°	127°∠10°
	8	马坊川[22]			19°∠6°	192°∠74°	113°∠16°
	平均统计				北部 110°∠14°　南部 80°∠9°		
喜山期	1	阿尔巴斯[22]			142°∠5°	298°∠84°	47°∠3°
	2	拉僧庙	230°∠68°	48°∠27°	99°∠27°	134°∠57°	17°∠15°
	3	汝箕沟[22]			313°∠19°	137°∠70°	44°∠9°
	4	石嘴山	100°∠71°	217°∠78°	160°∠6°	89°∠70°	68°∠28°
	5	新井子[22]			284°∠1°	102°∠85°	195°∠2°
	6	磁窑堡[22]			107°∠16°	279°∠74°	14°∠8°
	7	惠安堡[22]			86°∠12°	204°∠77°	353°∠8°
	8	小罗山	45°∠90°	316°∠71°	87°∠13°	135°∠7°	354°∠13°
	9	炭山[22]			232°∠1°	117°∠88°	322°∠2°
	平均统计				北部 127°∠11°　南部 83°∠10°		

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

4　构造演化分异性成因

宁东煤田南北两段分属不同构造体制,自晚古生代成煤期,构造演化分异性受不同因素控制,地球动力学背景复杂。

4.1　晚古生代

晚石炭世晚期,祁连海水侵入鄂尔多斯古陆与华北海汇合,沉积了太原组海陆交互相含煤地层。大致构造格架特征表现为:在宁东煤田形成了近南向展布的韦州坳陷。

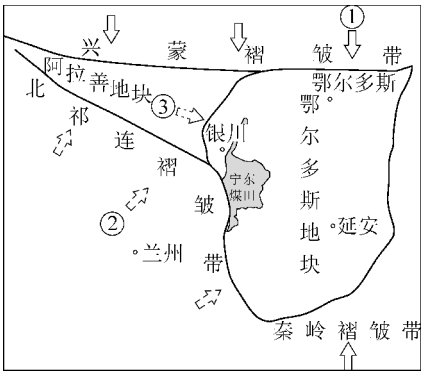
华力西运动以后,特提斯打开,中国古陆主体实现了由古亚洲洋构造域向特提斯—古太平洋构造域的转变,并主要受控于古特提斯构造动力体系。中亚~蒙古海槽的古洋壳由北向南俯冲,华北陆块的北缘不断褶皱隆起,致使位于隆起带西侧的宁东煤田的海水逐步向南向西退缩,逐渐转为三角洲平原沉积,早二叠世山西组时,红墩子、横城、韦州、萌城矿区部分均有沉积。中亚~蒙古海槽最后闭合,其强烈的挤压导致煤田内早期构造系统恢复活动并使聚煤作用完全结束。随着地壳上升幅度和速度的不断增大,晚二叠世沉积了一套陆相杂色碎岩建造。反映了快速上升剥蚀,快速堆积的特点。

4.2　中生代

三叠纪早-中世基本上继承了二叠纪末的沉积、构造格架,到晚三叠纪末(印支运动初期),中国古陆受太平洋板块与印度洋板块的推挤,地壳抬升,联合古陆出现解体现象。

1)印支期,华北板块处在西伯利亚板块和扬子板块的南北挤压构造格局中,产生了轴迹近南北向的挤压构造应力场(图 4)。在研究区北部,其西侧略呈三角形的阿拉善地块,在南北向区域挤压应力作用下向东滑移,由此产生了 SE 向挤压应力场,使前贺兰碰撞谷内沉积巨厚的中元古代~中生代地层发生褶皱隆起,并向东发生逆冲推覆,形成了以东倾为主的贺兰山逆冲体系。在研究区南部,特提斯海消亡产生的松潘—甘孜系与陆块碰撞产生向 N 或 NE 的挤压力,在祁连山加里东褶皱带与鄂尔多斯地块间产生右旋剪切应力,作用于该区南部,形成 NE 向挤压应力,使青铜峡—固原断裂产生左行走滑,形成了一系列由西向东逆冲的大断层,成为六盘山逆冲体系;在南北 2 大逆冲体系间的青铜峡—马家滩地区为过渡区,兼有南北两大逆冲体系的特征。

早-中侏罗世聚煤期,基本上继承了三叠纪的



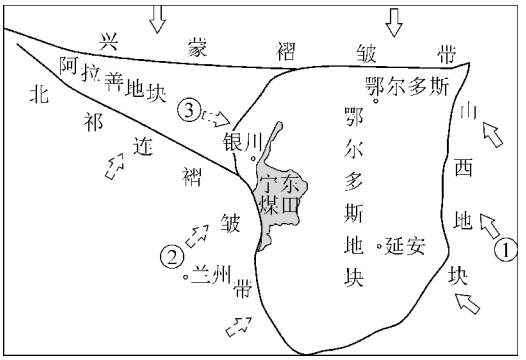
①—华北、华南板块 SN 向碰撞拼合;②—特提斯消亡产生的松潘—甘孜系与陆块碰撞产生 NE 向挤压力;③—阿拉善地块向 E 滑移

图 4　印支期构造背景

Fig. 4　Tectonic background of Indosinian

古陆台和沉降中心,形成了宁东煤田早~中侏罗世含煤岩系。早侏罗世,鄂尔多斯盆地西缘被逐渐抬起,遭受剥蚀,几乎未见富县组沉积。中侏罗世至早白垩世,重要含煤岩系延安组在构造运动相对稳定的背景下沉积,之后侏罗系近南北向的沉降中心移至马柳断裂东侧一带形成直罗组、安定组河流相沉积。晚侏罗世,鄂尔多斯盆地西缘逆冲活动强烈,造成大部分地区侏罗系与白垩系之间的高角度不整合接触。早白垩世,构造活动较晚侏罗世减弱,沉积广泛。

2)燕山期,库拉-太平洋板块向 N—NNW 运动,并插入于阿留申-日本海沟之下,同时欧亚大陆向南运动,两者相向运动斜向碰撞,导致鄂尔多斯盆地以东的中国东部发生强烈的构造变形和抬升。这种斜向碰撞所产生的左旋剪切应力作用于研究区所在的鄂尔多斯盆地,形成了 NW—SE 向的挤压应力场(图 5)。



①—太平洋板块向 NNW 运动与向 S 运动的欧亚板块碰撞;②—特提斯海扩张使拉萨地块与羌塘地块碰撞产生 NE 向挤压力;③—阿拉善地块向 E 滑移

图 5　燕山期构造背景

Fig. 5　Tectonic background of Yanshanian

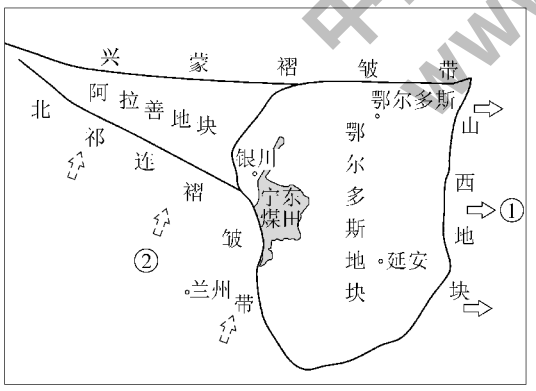
中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

研究区北部鄂尔多斯盆地 NW—SE 向挤压应力和阿拉善地块的东向滑移,与研究区南部 NE—SW向的挤压应力耦合,使鄂尔多斯盆地西缘褶皱-冲断上升的构造格局基本定型,并限制了盆地的西部边界。此次运动造成白垩系与下伏地层间广泛的不整合,随后逆冲带又向东发展,迫使白垩纪沉降中心更向东迁移,到现在的鸳鸯湖一带。

4.3　新生代

新生代以来,由于太平洋俯冲方向的偏转(由北北西改为北西西),使得华北板块东西向挤压应力松弛,但特提斯洋壳继续向欧亚大陆俯冲,特别是始新世时东特提斯海最后封闭,印度板块与欧亚板块碰撞,在宁东煤田产生更强烈的北东向挤压和右旋剪切。

喜山期,印度板块向北俯冲,与欧亚板块碰撞,使研究区南部即鄂尔多斯盆地西南缘处于强烈的 NNE—SSW 向的挤压应力下,从而造成祁连褶皱带大幅度向 NE 方向逆冲于鄂尔多斯地块之上。太平洋板块的向西俯冲消减和中国东部沟-弧-盆体系的形成,使得包括鄂尔多斯盆地在内的中国东部不同程度地发生了向东的蠕散。在欧亚板块、印度板块和太平洋板块的相互作用下,鄂尔多斯盆地本部相对隆升,银川地堑、河套地堑和汾渭地堑形成,地堑内堆积了巨厚的碎屑沉积物,吕梁山、贺兰山相继转变为由正断层控制的断块山[21-23](图 6)。



①—太平洋板块向 W 俯冲消减,中国大陆东部向 E 蠕散;
②—印度板块向 N 俯冲与欧亚板块碰撞

图 6　喜山期构造背景

Fig. 6　Tectonic background of Himalayan

5　结　　论

1)宁东煤田构造沉降过程存在东西方向上的分异,西部北段红敦子、横城矿区属贺兰山逆冲推覆系统的前缘反冲带,西部南段韦州矿区属六盘山逆冲推覆系统的中带,因此受抬升剥蚀强烈;东部积家井、马家滩矿区等地属六盘山逆冲推覆系统的锋带,受抬升剥蚀较微弱。

2)煤田所受古构造应力作用存在南北方向上的分异,印支期,北部最大主压应力方向为 SE 向,南部为 NE 向;燕山期,北部最大主压应力方向为 NNE 向,南部为 NNW 向;喜山期,北部受 NNW—SSE 向拉张应力,南部受 NE 向挤压应力。

3)宁东煤田构造位置特殊、构造演化过程复杂,南北段分属六盘山和贺兰山逆冲推覆构造系统,东西部受力不同。南段的形成与西南部北祁连褶皱带自加里东旋回以来的活动密不可分,北段由西北部阿拉善地块对贺兰坳拉谷的推挤作用而形成。

参考文献(References):

[1]　王双明.鄂尔多斯盆地构造演化和构造控煤作用[J].地质通报,2011,30(4):544-552.
Wang Shuangming. Ordos basin tectonic evolution and structural control of coal [J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(4): 544-552.

[2]　李　勇,汤达祯,许　浩,等.鄂尔多斯盆地东缘煤层气构造控气特征[J].煤炭科学技术,2014,42(6):113-117,129.
Li Yong, Tang Dazhen, Xu Hao, *et al*. Characteristics of structural controlled coalbed methane ineast margin of Ordos Basin[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(6): 113-117, 129.

[3]　张　泓,何宗莲,晋香兰,等.鄂尔多斯盆地构造演化与成煤作用—1∶500000 鄂尔多斯煤盆地地质构造图简要说明[M].北京:地质出版社,2005.

[4]　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,2002:1-37.

[5]　刘少峰,杨士恭.鄂尔多斯盆地西缘南北差异及其形成机制[J].地质科学,1997,32(3):397-408.
Liu Shaofeng, Yang Shigong. Difference of the south and north section and its mechanism of the western margin in Ordos Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 1997, 32(3): 397-408.

[6]　张　泓,孟召平,何宗莲.鄂尔多斯煤盆地构造应力场研究[J].煤炭学报,2000,25(S1):1-5.
Zhang Hong, Meng Zhaoping, He Zonglian. Study on the tectonic stress fields in Ordos Coal Basin [J]. Journal of China Coal Society, 2000, 25(S1): 1-5.

[7]　张　进,马宗晋,任文军.鄂尔多斯西缘逆冲褶皱带构造特征及其南北差异的形成机制[J].地质学报,2004,78(5):600-611.
Zhang Jin, Ma Zongjin, Ren Wenjun. Mechanism of the difference between the northern part and the southern part of the fold and thrust belt on the western edge of the Ordos Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(5): 600-611.

[8]　刘池洋,赵红格,桂小军,等.鄂尔多斯盆地演化-改造的时空坐标及其成藏(矿)响应[J].地质学报,2006,80(5):617-638.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

Liu Chiyang, Zhao Hongge, Gui Xiaojun, *et al*. Space-time coordinate of the evolution and reformation and mineralization response in Ordos Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80 (5): 617-638.

[9] 白云来, 王新民, 刘化清, 等. 鄂尔多斯盆地西部边界的确定及其地球动力学背景[J]. 地质学报, 2006, 80(6): 792-813.
Bai Yunlai, Wang Xinmin, Liu Huaqing, *et al*. Determination of the borderline of the western Ordos Basin and its geodynamics background [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(6): 792-813.

[10] 赵红格, 刘池洋, 王　峰, 等. 鄂尔多斯盆地西缘构造分区及其特征[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 173-179.
Zhao Hongge, Liu Chiyang, Wang Feng, *et al*. Structural division and characteristics in western edge of Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(2): 173-179.

[11] 杨圣彬, 耿新霞, 郭庆银, 等. 鄂尔多斯盆地西缘北段中生代构造演化[J]. 地质论评, 2008, 54(3): 307-315.
Yang Shengbin, Geng Xinxia, Guo Qingyin, *et al*. Mesozoic tectonic evolution in north section of the western margin of Ordos Basin [J]. Geological Review, 2008, 54(3): 307-315.

[12] 陆克政, 朱筱敏, 漆家福. 含油气盆地分析[M]. 北京: 中国石油大学出版社, 2006: 285-288.

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

[14] 樊隽轩, 彭善池, 侯旭东, 等. 国际地层委员会官网与《国际年代地层表》(2015/01 版)[J]. 地层学杂志, 2015, 39(2): 125-134.
Fan Junxuan, Peng Shanchi, Hou Xudong, *et al*. Official Website of International Commission on Stratigraphy and the Release of the International Chronostratigraphic Chart (V2015/01) [J]. Journal of Stratigraphy, 2015, 39(2): 125-134.

[15] 杜旭东, 漆家福, 陆春生. 沉降史反演的现状与应用[J]. 世界地质, 1997, 16(2): 24-28.
Du Xudong, Qi Jiafu, Lu Chunsheng. Application and present situation of subsidence backwards[J]. World Geology, 1997, 16(2): 24-28.

[16] Zijerveld L, Stephenson R, Cloetingh S, *et al*. Subsidence analysis and modelling of theory Vally Graben(SE Netherlands) [J]. Tectonophyisics, 1992, 208: 159-171.

[17] 李向东, 陈　刚, 李玖勇, 等. 沉降史分析方法及研究现状[J]. 石油天然气学报, 2010, 32(5): 199-203.
Li Xiangdong, Chen Gang, Li Jiuyong, *et al*. Analysis method and research status of subsidence history [J]. Journal of Oil & Gas Technology, 2010, 32(5): 199-203.

[18] 张　泓. 鄂尔多斯盆地中新生代构造应力场[J]. 华北地质矿产杂志, 1996(1): 87-92.
Zhang Hong. Mesozoie andcenozoicpalaeotect on stress field of Ordos Basin [J]. North China Journal of Geology and Mineral Resources, 1996(1): 87-92.

[19] 徐黎明, 周立发, 张义楷, 等. 鄂尔多斯盆地构造应力场特征及其构造背景[J]. 大地构造与成矿学, 2006, 30(4): 455-462.
Xu Liming, Zhou Lifa, Zhang Yikai, *et al*. Characteristics and tectonic setting of tectono-stress field of Ordos Basin[J]. Geotectonicaet Metallogenia, 2006, 30(4): 455-462.

[20] 晋香兰. 鄂尔多斯盆地侏罗系煤层气富集机制与模式[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(2): 38-43, 48.
Jin Xianglan. Enrichment mechanism and mode of Jurassic coalbed methane in Ordos Basin [J]. Coal Science and Technology, 2015, 43(2): 38-43, 48.

[21] 晋香兰, 张　泓. 鄂尔多斯盆地侏罗系成煤系统[J]. 煤炭学报, 2014, 39(S1): 191-197.
Jin Xianglan, Zhang Hong. Jurassic coal system in Ordos Basin [J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(S1): 191-197.

[22] 樊晓芳, 钟建华. 深水沉积研究进展及在鄂尔多斯盆地中的应用[J]. 中州煤炭, 2016(7): 152-156.
Fan Xiaofang, Zhong Jianhua. Progress of research on deep water deposition and their applications in Ordos Basin[J]. Zhongzhou Coal, 2016(7): 152-156.

[23] 张岳桥, 廖昌珍. 晚中生代—新生代构造体制转换与鄂尔多斯盆地改造[J]. 中国地质, 2006, 33(1): 28-40.
Zhang Yueqiao, Liao Changzhen. Transition of thelate mesozoic-cenozoic tectonic regimes and modification of the Ordos Basin [J]. Geology in China, 2006, 33 (1): 28-40.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net