

陈红东,姜波,屈争辉,等. 临汾与保德地区构造差异性特征及其对煤层含气性的控制[J]. 煤炭学报,2014,39(3):510-517. doi:10.13225/j.cnki.jccs.2013.1574

Chen Hongdong, Jiang Bo, Qu Zhenghui, et al. Diversity structural characteristics and control action on coal bed gas content in Linfen and Baode area[J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(3): 510-517. doi:10.13225/j.cnki.jccs.2013.1574

## 临汾与保德地区构造差异性特征及其对煤层含气性的控制

陈红东<sup>1,2</sup>, 姜波<sup>1,2</sup>, 屈争辉<sup>1,2</sup>, 汪吉林<sup>1,2</sup>, 王琳琳<sup>1,2</sup>

(1. 中国矿业大学 资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221116; 2. 中国矿业大学 煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室, 江苏 徐州 221116)

**摘要:**为研究鄂尔多斯盆地东缘煤层含气性的构造控制作用,在野外构造变形特征系统研究的基础上,结合区域构造背景分析及构造应力场恢复,揭示了鄂尔多斯盆地东缘临汾和保德区块构造发育的差异性特征及其对煤储层含气性的控制作用。结果表明:研究区主要经历了燕山期 NW—SE 向的构造挤压作用和喜马拉雅期 NW—SE 向的伸展作用;南部临汾区块燕山期 NW—SE 向的挤压作用强烈,发育 NE—NNE 向的逆冲断层和次级宽缓褶皱构造等,有利于煤层气的保存,即使后期叠加了一定的喜马拉雅期 NW—SE 向的伸展作用,使煤层气部分散失,但总体含量较高,且高值区与构造位置相关性很好;北部保德区块燕山期挤压构造变形作用不显著,喜马拉雅期 NW—SE 向的伸展作用较突出,NE 向正断层较为发育,为煤层气的运移及散失提供了条件,致使煤层含气量相对较低。

**关键词:**临汾地区;保德地区;构造应力场;构造变形;煤层含气量

**中图分类号:**P618.11 **文献标志码:**A **文章编号:**0253-9993(2014)03-0510-08

### Diversity structural characteristics and control action on coal bed gas content in Linfen and Baode area

CHEN Hong-dong<sup>1,2</sup>, JIANG Bo<sup>1,2</sup>, QU Zheng-hui<sup>1,2</sup>, WANG Ji-lin<sup>1,2</sup>, WANG Lin-lin<sup>1,2</sup>

(1. School of Resources and Geoscience, China University of Mining & Technology, Xuzhou 221116, China; 2. Key Laboratory of CBM Resources and Reservoir Formation Process, the Ministry of Education, China University of Mining & Technology, Xuzhou 221116, China)

**Abstract:** In order to study the tectonic control action for the eastern edge of the Ordos Basin coal bed gas, based on system research of field structural deformation, also combined with regional tectonic analysis and tectonic stress field recovery, revealed the differences of structural development and control action on coal bed gas content in Linfen and Baode blocks, eastern edge of Ordos Basin. The results show that study area mainly experiences the Yanshan NW—SE trending tectonic compression action and Himalayan NW—SE trending extensional action. Yanshan NW—SE trending compression developed strongly in Linfen block of the southern study area. Conducive to the preservation of coal bed methane with NE—NNE trending thrust faults and secondary gentle folds, etc. Late superimposed certain Himalayan NW—SE trending extensional action making coal bed methane partial loss. But on the whole the content is higher and high values area correlates well with the structural position. Yanshan compression tectonic deformation was not significant in Baode block of the northern study area, Himalayan NW—SE trending extensional was more outstanding. NE—

收稿日期:2013-10-29 责任编辑:韩晋平

基金项目:国家科技重大专项资助项目(2011ZX05034-001)

作者简介:陈红东(1989—),男,河南郑州人,硕士研究生。E-mail:chd1003746247@163.com。通讯作者:姜波(1957—),男,安徽宿州人,教授,博士。Tel:0516-83591002, E-mail:jiangbo@cumt.edu.cn

trending normal faults development provided favorable conditions for coal bed methane migration and loss, resulting in relatively low gas content.

**Key words:** Linfen block; Baode block; tectonic stress field; tectonic deformation; coal bed gas content

鄂尔多斯盆地是中国中西部重要的能源基地,盆地内煤层气资源量占中国煤层气总资源量的 1/3 ~ 1/4<sup>[1-2]</sup>。其中有利于煤层气开发的区域主要集中在盆地东缘<sup>[3-4]</sup>,主体沿黄河流域呈 NS 向分布,南北长逾 560 km,东西宽 50 ~ 200 km,面积约 8×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,煤层埋深在 1 500 m 以浅的煤层气地质资源量约 9×10<sup>12</sup> m<sup>3</sup><sup>[5]</sup>,开发潜力巨大。

鄂尔多斯盆地东部主体为一向西和北西缓倾的大型单斜构造,有利于煤层气的形成、保存及勘探开发<sup>[6]</sup>。据前人研究,鄂东地区对煤层含气量影响明显的构造因素为断层<sup>[7]</sup>。不同地区不同性质、类型的构造对煤层气的生成、运移和保存具有不同的控制作用<sup>[8-11]</sup>。笔者以鄂尔多斯盆地东缘的临汾和保德区块为研究对象,通过对比分析各区的构造演化史、不同期次构造变形特征以及煤层含气量等特征,揭示了不同区块不同期次构造变形及其组合特征,探讨了构造差异性对煤层含气性的控制作用。

## 1 地质背景

鄂尔多斯盆地东缘以现今晋陕挠褶带地区为主体,盆地东侧边界以离石断裂带为界与山西断隆相邻(图 1)<sup>[12-14]</sup>。离石断裂带总体走向近 NS,由于受到不同构造运动的影响,其地表分段特征非常明显。根据构造组成和变形特点可划分为北、中、南 3 段:北段仅发育若干雁行排列的逆冲断层,断裂断距不大;南段断裂带由密集的逆冲断裂组成,挤压破碎现象十分明显,挤压-剪切变形比北段强烈得多。离石断裂西侧是内部变形较弱的鄂尔多斯盆地,地层总体呈向西倾斜的单斜构造,局部因次级褶皱构造的发育而复杂化。鄂尔多斯盆地东缘的构造特征对煤层气的成藏起到了重要的控制作用,导致不同区域煤层气成藏条件的明显差异。

研究区为鄂尔多斯盆地东缘南部的临汾区块和北部的保德区块(图 1),主要含煤地层为石炭系-二叠系的太原组和山西组,其中山西组的 5 号煤和太原组的 8 号煤为本区煤层气勘探的主力煤层。

## 2 研究区构造演化

三叠纪时期,鄂尔多斯盆地南缘虽受构造运动影响明显,但盆地东部受印支期近 NS 向的构造挤压变形影响较小,主要经历了燕山期和喜马拉雅期两期构

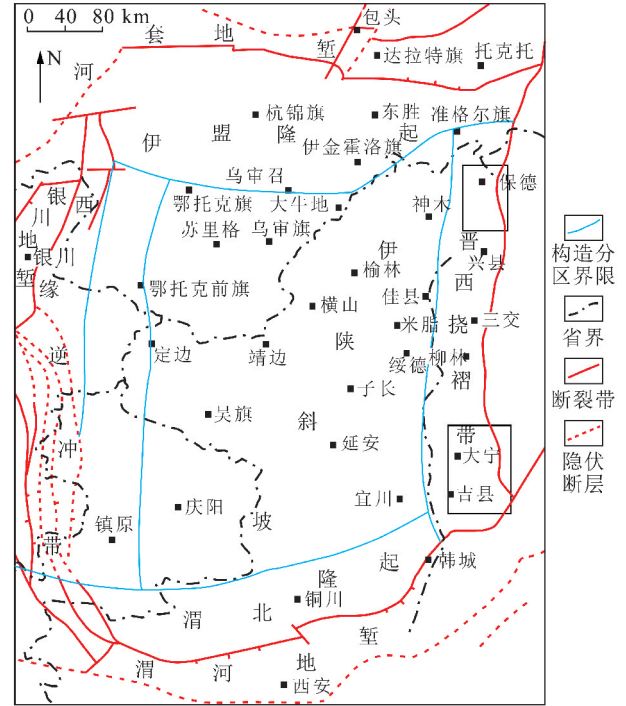


图 1 鄂尔多斯盆地构造单元划分及研究区位置(据文献[6]修改)

Fig. 1 The tectonic units of the Ordos Basin and place of the study region(modified from Reference[6])

造应力场的作用<sup>[15-19]</sup>。笔者在区域构造背景和研究区构造发育及组合特征分析的基础上,采用共轭“X”剪节理分析方法,通过临汾区块野外节理的系统测量和分期配套工作,分别绘制燕山期和喜马拉雅期节理玫瑰花图 40 幅和 37 幅。依据优势节理方位及其夹角的变化规律,确定了各节理测量点的应力状态,然后将同名主应力按照其变化规律绘制最大和最小应力迹线,得到了临汾区块燕山期和喜马拉雅其构造应力场图(图 2)。

### 2.1 燕山期构造应力场

临汾区块燕山期构造应力场以 NW—SE 向挤压为显著特征(图 2(a)),相应的伸展方向为 NE—SW 向。主压应力迹线总体呈 NW—SE 向延伸,并呈向 NE 突出的弧形弯曲,与区块边界的主要构造的走向近于垂直,表明这些构造的形成与燕山期构造应力场作用密切相关,均具有挤压性质的构造变形。区块东部边界离石断层的走向不稳定,呈近 NS—NNW 向,与主压应力的夹角为 70°左右,反映其遭受燕山期挤压作用的影响,但可能经历了更为复杂的构造叠加与改造。

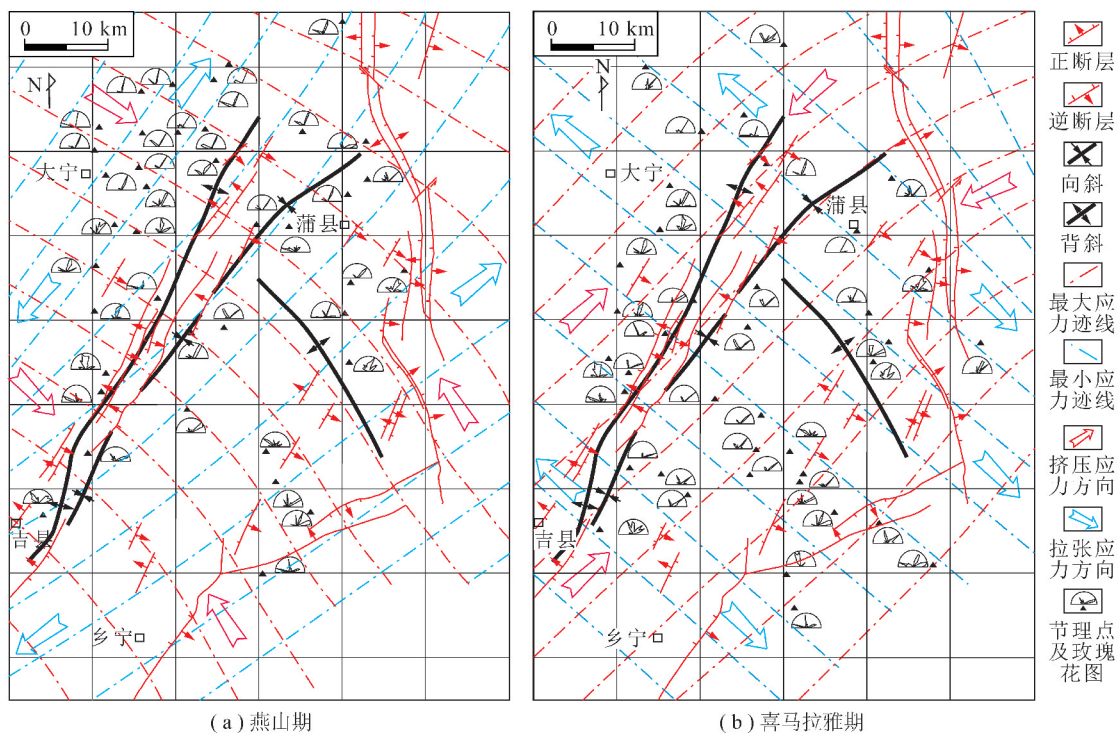


图2 临汾区块燕山期和喜马拉雅期构造应力场及节理测量点位置

Fig. 2 Yanshan and Himalaya tectonic stress field map and joint measurement location map of Linfen block

## 2.2 喜马拉雅期构造应力场

喜马拉雅期构造应力场与燕山期相比发生了重大转变,即由NW—SE向的挤压转变为NE—SW向挤压(图2(b)),与燕山期挤压构造方向近垂直,最大主应力迹线呈略向NW突出的弧形弯曲。在临汾区块喜马拉雅期的构造变形形迹不是很显著,但由于发育与燕山期构造走向近垂直的拉张伸展作用,对早期的改造作用较为显著,使早期的压性构造转变为张性构造,发生构造性质的转变。

## 3 构造变形特征

鄂尔多斯盆地东缘为过渡型盆缘构造类型,盆地内部构造相对稳定。由于不同区域在不同期次构造作用下变形存在一定的差异,使得研究区内不同地区构造发育各具特色。

### 3.1 临汾地区构造变形特征

#### 3.1.1 构造位置及构造分带性

临汾区块位于研究区的南部区域,夹持于离石断裂由走向NE向NS的过渡部位,东以离石大断裂为界,西抵黄河。主要构造线呈向E突出的弧形展布,在隰县以北为NS向,向S逐渐过渡为NNE向及NE向,由东向西由老到新分布有中奥陶统一三叠系等地层(图3)。依据构造变形特征的差异,可以分为盆缘断拗带、斜坡凹陷带和缓坡带3个构造带(图4)。

盆缘断拗带为构造变形最为强烈的地带,发育一

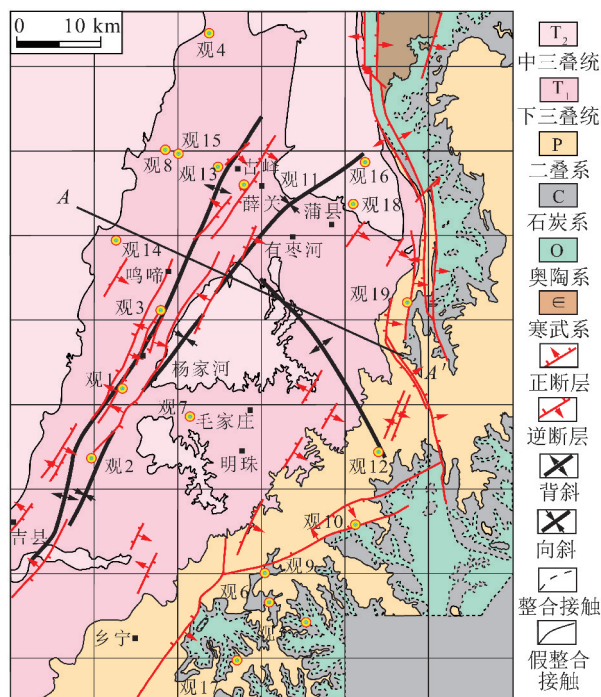


图3 临汾区块构造纲要及观测点位置

Fig. 3 Structural outline map and field observation location map of Linfen block

系列压性断层、挠曲及其伴生构造。斜坡凹陷带位于盆缘断拗带西侧,次级褶皱较为发育,带内以隆凹相间的褶皱构造为主,伴有小型断层。缓坡带地层倾向W,倾向角很小,一般 $1^{\circ} \sim 5^{\circ}$ ,甚至水平;虽有少量的波状起伏,但幅度很小,基本属缓倾单斜构造。



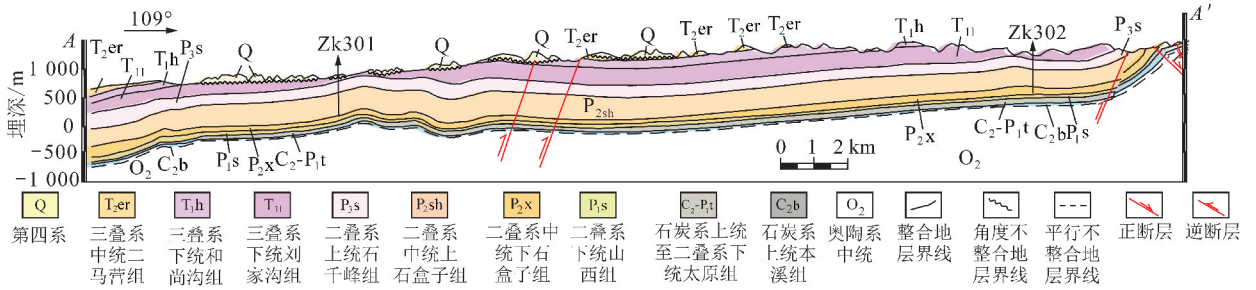


图4 临汾区块构造剖面(剖面位置如图3所示)

Fig.4 Structural cross-sectional view of Linfen block(section location shown in Fig.3)

3.1.2 不同构造期次变形特征

(1)燕山期构造变形特征。

研究区内燕山期构造运动最为强烈,在不同的区域范围内,应力作用方向稍有差异,但应力强度差别较大,构造强烈变形主要发育于盆地东缘地带,形成了以离石大断裂为代表的近 NS 向挤压逆冲断层,盆内石炭、二叠和三叠系等地层随山西隆起的上升而整体抬升,并形成了褶皱和断裂构造。变形由东缘向盆地内部逐渐减弱。

1)褶皱构造。区内褶皱构造主要发育于盆地内部,在野外观测中可以发现,本区褶皱较为发育,褶皱类型主要为宽缓背斜,如窑街宽缓背斜(图5)、榆林子宽缓背斜和拔子沟背斜等,背斜轴向总体为 NNE—NE;同时还发育有不协调褶皱类型,如义泉村不协调褶皱(图6),在下二叠统山西组(P<sub>1s</sub>)砂岩层中,由于中厚层砂岩与薄层砂岩的岩性不同,在薄层砂岩中形成不对称的挠曲构造,而中厚层砂岩仅形成了单斜岩层,从而在剖面上形成了不协调褶皱(观测点位置如图3所示)。

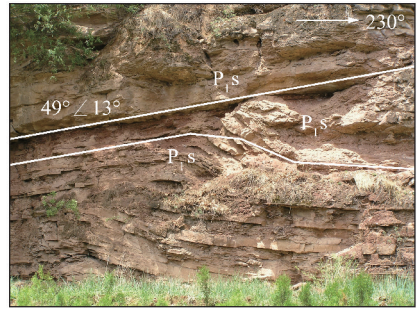


图6 义泉村不协调褶皱(观测点5)

Fig.6 Uncoordinated fold diagram of Yiquancun (observation point 5)

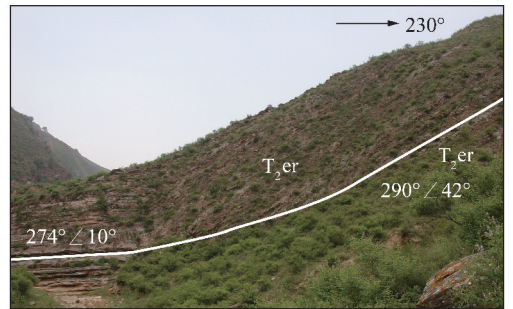


图7 茨沟挠曲构造(观测点3)

Fig.7 Destructure diagram of Cigou(observation point 3)

西部;褶皱形态以变形较弱的开阔背斜和挠曲构造为主,向斜构造相对不发育。野外观测可见,被卷入褶皱的最新地层为三叠系。这些褶皱和挠曲有一个共同的特点,就是轴向均呈 NE—NNE 向延伸,显示了 NW—SE 向的挤压应力作用,根据区域应力场演化特征分析,其应该是燕山期构造应力场作用的产物。

2)断裂构造。盆地内部断裂构造不发育,仅在局部可见规模较小的断层,但在研究区的东部及东南部边界,断裂构造发育较为强烈。主要断裂构造有彩疙瘩沟逆断层(图8)、化乐乡南逆断层、管头逆断层及吉家原乡南逆断层等。断层走向以 NE 向为主,断层面平直光滑,并多表现出压性变形的特征,具逆断层性质。断裂带多发育挤压片理构造,部分断层面上还形成镜面及擦痕,而彩疙瘩沟逆断层上盘岩层在逆冲作用过程中形成牵引构造(图8)。

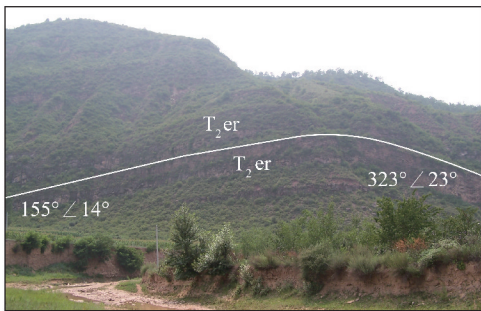


图5 窑街宽缓背斜构造(观测点1)

Fig.5 Relief anticline structure diagram of Yaojie (observation point 1)

临汾区块褶皱的另一种类型挠曲构造也较为发育,主要表现为岩层产状的急剧变化,常由近水平的岩层突变为陡倾角岩层。典型构造有太平庄挠曲构造和茨沟挠曲构造(图7),岩性均为中—厚层砂岩,挠曲轴向呈 NNE 向延伸。通过以上野外地质现象可以看出,临汾区块的褶皱构造主要发育于研究区的中、

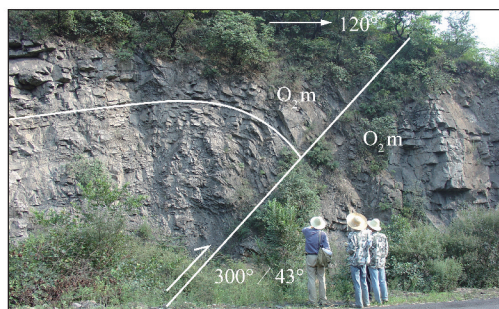


图8 彩疙瘩沟逆断层及上盘牵引构造(观测点10)

Fig. 8 Thrust and traction structure on the upper plate of Caigedagou (observation point 10)

### (2) 喜马拉雅期构造变形特征。

在区域构造演化的控制下,鄂尔多斯盆地喜马拉雅运动构造应力场也发生了根本的改变,即挤压方向由NW向转变为NE向,最大主压应力轴的优选方位是 $30^{\circ} \sim 210^{\circ}$ ,倾角 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ ;最小主压应力轴的优势方向是 $121^{\circ} \sim 301^{\circ}$ ,倾角几近水平;中间主压应力轴大都近于直立或略有倾斜。临汾区块喜马拉雅期构造变形较弱,仅在局部见到与该期应力场相适应的宽缓褶皱和挠曲,如轴向NW的解家河宽缓背斜和庞家疙瘩挠曲,偶见张性断裂构造,如后洞沟正断层和茨沟正断层等,这些断层规模小,断距小。

以上野外构造变形特征反映出临汾区块喜马拉雅期构造变形较为微弱,而且具有局部发育的特点,但由于喜马拉雅期的构造变形主要为NW—SE向的伸展作用,故对燕山期构造有一定的改造作用,可使部分早期压性断裂转变为张性特征。综合前述分析,临汾区块构造变形特征以燕山期压性构造为主,并受到后期喜马拉雅期微弱张性改造。

### 3.2 保德地区构造变形特征

保德区块位于鄂尔多斯盆地东缘的北部,构造的形成和演化同样受到区域构造背景的控制,即主要经历了燕山期NW—SE向的构造挤压作用和喜马拉雅期NW—SE向的伸展作用,但不同期次的构造变形与南部的临汾区块存在较大差异。

前已述及,鄂尔多斯东缘地区的边界断裂—离石断裂带具有显著的分段性特征,燕山期的构造变形强度在南段明显高于北段,即变形具有由南向北逐渐减弱的特点,在盆地内部这一特点也有较好的反映。

保德区块位于构造变形相对较弱的离石大断裂北段的西部,主要表现为大型挠曲,活动性相对较弱,盆地内构造比较简单。地层产状较为平缓,基本上为一走向NE,向NW倾斜的单斜构造(图9,10,剖面

A—A'),倾角一般在 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ,为燕山期构造作用所奠定,但变形强度显著低于临汾地区。

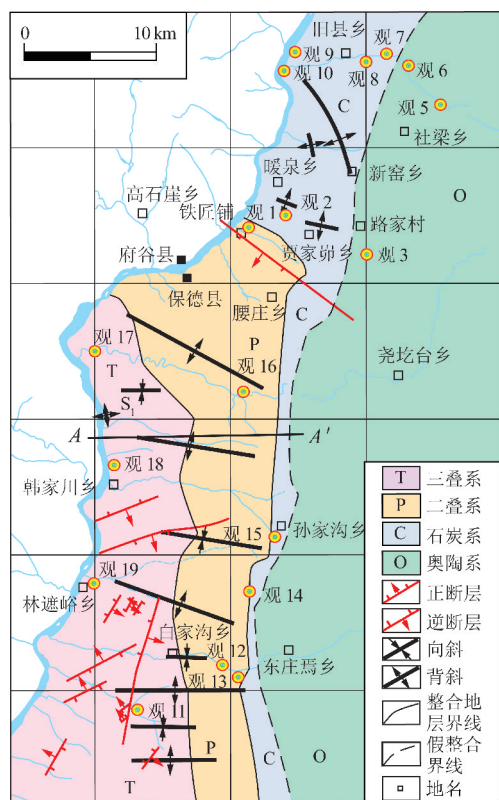


图9 保德区块构造纲要图及观测点位置

Fig. 9 Structural outline map and field observation location map of Baode block

野外观测区内断裂构造以走向NE的正断层为主,但规模较小。主要断裂构造有发育于奥陶系灰岩和石炭—二叠系砂岩中的阶梯状正断层等及煤层中的正断层(图11)。其中煤层中正断层规模较小,断层带较窄,两盘地层产状不协调。阶梯状正断层走向NNE、倾向W,倾角高达 $80^{\circ}$ ,由E向W依次下掉,单条断层的断距均小于1 m,反映了喜马拉雅期NE—SW向构造挤压作用的特征。

### 3.3 构造变形差异特征

从构造变形强度分析,燕山期构造挤压作用在南部地区强于北部地区,主要体现在南部的东缘以NE—NNE向的逆冲断层的发育为显著特征,而北部地区断裂发育较弱,主要为褶皱变形,显示了应力作用强度的差异性;盆内虽然均以单斜构造为主体,但南部地区在此基础上叠加了次级褶皱和局部发育逆冲断层,而北部地区次级构造变形发育较弱,NE向的逆断层和次级褶皱较为罕见。喜马拉雅期的构造变形在北部地区表现较为突出,以走向NE的正断层为特征,而南部地区表现并不显著,仅在局部地区发育NE向正断层。



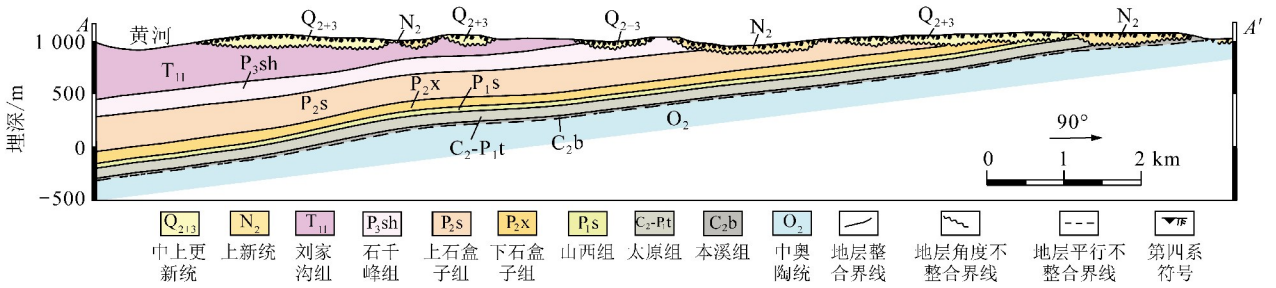


图 10 保德区块构造剖面(剖面位置如图 9 所示)

Fig. 10 Structural cross-sectional view of Baode block (section location shown in Fig. 9)

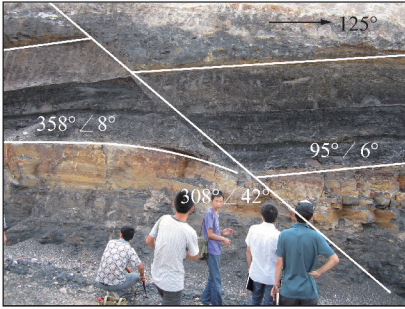


图 11 河曲太原组煤层中的小断层(观测点 8)

Fig. 11 Small fault in Taiyuan coal seam of Hequ (observation point 8)

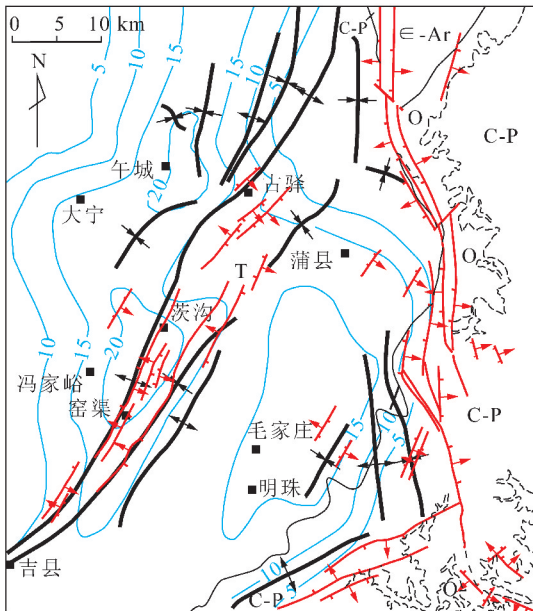
### 4 煤层含气量特征及构造控制机理

#### 4.1 煤层含气量特征

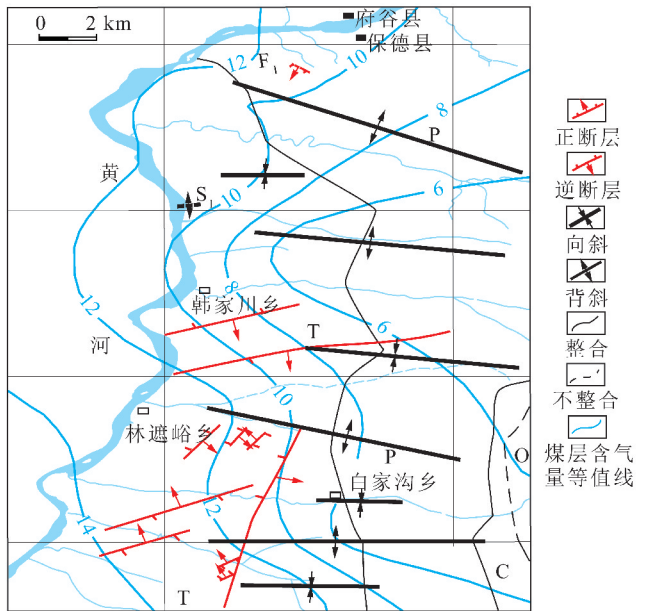
临汾区块由于压性构造发育,有利于煤层气的保

存,即使后期叠加了一定的张性构造,使煤层气部分散失,但总体含量仍较高。

根据实际资料,临汾地区 5 号煤层含气量一般均在 15.0 m<sup>3</sup>/t 以上,个别井可以超过 20.0 m<sup>3</sup>/t,仅少数井小于 15.0 m<sup>3</sup>/t(图 12(a)),反映该区 5 号煤层具有较高的含气量;平面上煤层含气量等值线总体呈 NE 向分布,具有中部高、边缘低的特点,且 5 号煤层含气量高值区与 NE 向压性构造发育位置密切相关,显示燕山期构造对煤层气赋存的控制作用。8 号煤层含气量低于 5 号煤层,原因在于 5 号煤层顶底板条件比 8 号煤层优越,多为泥岩,封盖能力强,煤层气保存条件较好;8 号煤层顶板多为灰岩,封盖能力相对较差,尤其是构造发育区的灰岩裂隙发育,对气体的封盖能力变差,导致煤层含气量降低。



(a) 临汾地区



(b) 保德地区

图 12 临汾地区和保德地区 5 号煤层含气量等值线(据文献[6]修改)

Fig. 12 Gas content isogram of seam No. 5 in Linfen and Baode blocks(modified from Reference[6])

北部保德地区,张性构造发育,有利于煤层气的运移和散失,含气量相对较低。保德区块内 4+5 号

煤层含气量一般在 9.55 ~ 13.04 m<sup>3</sup>/t(图 12(b)),低于南部临汾区块的含气量。平面上呈现南北两端煤

层含气量略高,中间低;自东向西含气量逐渐增高的分布特点,显示含气量随埋深的增加而增大,与该区单斜构造格局对应。

#### 4.2 含气量差异的构造控制机理

南部临汾地区主力煤储层的含气量显著高于北部的保德地区,除煤级的影响因素之外,构造发育的差异性是重要的控制因素。南部临汾地区燕山期构造变形强烈,并且以压性构造为主,使得裂隙系统闭合,阻碍气体的运移,有利于煤层气的保存,即使后期叠加了一定的张性构造,使得煤层气部分散失,但总体含气量仍较高,且该区煤层含气量高值区与构造位置相关性很高;而北部地区,喜马拉雅期构造作用较为显著,张性构造发育,且与燕山期构造主应力轨迹垂直,促使原构造裂隙张开,为煤层气的运移和散失提供了便利条件,致使煤层含气量相对较低。

### 5 结 论

(1)鄂尔多斯盆地东缘构造变形以燕山期和喜马拉雅期为主。燕山期以NW—SE向挤压构造为显著特征,奠定了研究区主体构造格局;喜马拉雅期转变为NE—SW向挤压构造作用,使早期的压性构造发生性质的转变。

(2)研究区南部的临汾和北部的保德构造变形存在显著差异。临汾区块东缘主要发育NE—NNE向的逆冲断层及盆内次级褶皱,NE向正断层发育较弱,显示该区块的构造作用主要为燕山期NW—SE向的挤压作用;保德区块NE向的正断层发育较为突出,显示了喜马拉雅期的构造变形特征较突出。

(3)研究区构造发育的差异性是煤层含气量的重要控制因素之一,南部临汾区块燕山期NW—SE向的挤压变形强烈,于东缘形成了NE—NNE向的逆冲断层,有利于煤层气的保存,即使后期叠加了一定的NW—SE向伸展作用,使得煤层气部分散失,但煤层总体含气量仍较高,且该区煤层含气量高值区与构造位置相关性很高;而北部的保德区块燕山期构造活动不明显,以喜马拉雅期伸展作用为主,张性构造发育,为煤层气的运移及散失提供了便利条件,致使煤层含气量相对较低。

#### 参考文献:

[1] 冯三利,叶建平,张遂安.鄂尔多斯盆地煤层气资源及开发潜力分析[J].地质通报,2002,21(10):658-662.  
Feng Sanli, Ye Jianping, Zhang Suian. Coalbed methane resources in the Ordos Basin and its development potential[J]. Geological Bulletin, 2002, 21(10): 658-662.

[2] 张岳桥,施 炜,廖昌珍,等.鄂尔多斯盆地周边断裂运动学分

析与晚中生代构造应力体制转换[J].地质学报,2006,80(5):639-647.

Zhang Yueqiao, Shi Wei, Liao Changzhen, et al. Fault kinematic analysis and change in Late Mesozoic tectonic stress regimes in the peripheral zones of the Ordos Basin, North China[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(5): 639-647.

- [3] Su X, Zhang L, Zhang R. The abnormal pressure of the Pennsylvanian No. 8 coalbed methane reservoir in Liulin-Wupu district, eastern Ordos Basin, China[J]. International Journal of Coal Geology, 2003, 53: 227-239.
- [4] 刘新社,席胜利,周焕顺.鄂尔多斯盆地东部上古生界煤层气储层特征[J].煤田地质与勘探,2007,35(1):37-40.  
Liu Xinshe, Xi Shengli, Zhou Huanshun. Features of Upper Paleozoic coalbed methane reservoir in Eastern Ordos Basin[J]. Coal Geology & Exploration, 2007, 35(1): 37-40.
- [5] 接铭训.鄂尔多斯盆地东缘煤层气勘探开发前景[J].天然气工业,2010,30(6):1-6.  
Jie Mingxun. Prospects in coalbed methane gas exploration and production in the Eastern Ordos Basin[J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(6): 1-6.
- [6] 王琳琳,姜 波,屈争辉.鄂尔多斯盆地东缘煤层含气量的构造控制作用[J].煤田地质与勘探,2013,41(1):14-19.  
Wang Linlin, Jiang Bo, Qu Zhenghui. Structural control on gas content distribution in eastern margin of Ordos Basin[J]. Coal Geology & Exploration, 2013, 41(1): 14-19.
- [7] 张胜利,陈晓东.鄂尔多斯盆地东缘煤层气控制因素探讨[J].石油勘探与开发,1996,23(4):11-14.  
Zhang Shengli, Chen Xiaodong. The control factors discussion of coalbed methane in the eastern margin of the Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1996, 23(4): 11-14.
- [8] 姜 波,秦 勇,琚宜文,等.煤层气成藏的构造应力场研究[J].中国矿业大学学报,2005,34(5):564-569.  
Jiang Bo, Qin Yong, Ju Yiwen, et al. Research on tectonic stress field of generate and reservoir of coalbed methane[J]. China University of Mining & Technology, 2005, 34(5): 564-569.
- [9] 廖昌珍,张岳桥,温长顺.鄂尔多斯盆地东缘边界带构造样式及其区域构造意义[J].地质学报,2007,81(4):466-474.  
Liao Changzhen, Zhang Yueqiao, Wen Changshun. Structural styles of the eastern boundary zone of the Ordos Basin and its regional tectonic significance[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(4): 466-474.
- [10] Frodsham K, Gayler R A. The impact of tectonic deformation upon coal seams in the South Wales coalfield, UK[J]. International Journal of Coal Geology, 1999, 38: 297-332.
- [11] Jiang Bo, Qu Zhenghui, Geoff G X Wang, et al. Effects of structural deformation on formation of coalbed methane reservoirs in Huaibei coalfield, China[J]. International Journal of Coal Geology, 2010, 82: 175-183.
- [12] 杨俊杰.鄂尔多斯盆地构造演化与油气藏分布[M].北京:石油工业出版社,2002.
- [13] 张 抗.鄂尔多斯断块构造与资源[M].西安:陕西科技出版社,1989.
- [14] Xu Xiwen, Ma Xingyuan. Geodynamics of the Shanxi rift system

- [J]. *China Tectonophysics*, 1992, 208: 325-340.
- [15] 吴福元, 葛文春, 孙德有, 等. 中国东部岩石圈减薄研究中的几个问题[J]. *地质前缘*, 2003, 10(3): 51-60.  
Wu Fuyuan, Ge Wenchun, Sun Deyou, et al. Discussions on the Lithospheric thinning in Eastern China[J]. *Earth Science Frontiers*, 2003, 10(3): 51-60.
- [16] 杨兴科, 杨永恒, 季丽丹, 等. 鄂尔多斯盆地东部热力作用的期次和特点[J]. *地质学报*, 2006, 80(5): 705-711.  
Yang Xingke, Yang Yongheng, Ji Lidan, et al. Stages and characteristics of thermal actions in eastern part of Ordos Basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(5): 705-711.
- [17] 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[M]. 西安: 西北大学出版社, 1990.
- [18] 赵越, 张拴宏, 徐刚, 等. 燕山板内变形带侏罗纪主要构造事件[J]. *地质通报*, 2004, 23(9/10): 854-863.  
Zhao Yue, Zhang Shuanhong, Xu Gang, et al. Major tectonic event in the Yanshanian intraplate deformation belt in the Jurassic[J]. *Geological Bulletin*, 2004, 23(9/10): 854-863.
- [19] Zhan Yueqiao, Ma Yinsheng, Yang Nong, et al. Cenozoic extensional stress evolution in North China[J]. *Journal of Geodynamics*, 2003, 36: 591-613.

## 《煤炭学报》再次入选“百种中国杰出学术期刊”

2013年9月27日, 中国科学技术信息研究所发布了最新的中国科技论文统计结果, 《煤炭学报》在其所属的能源科学综合类期刊中各项评价指标优势明显, 学科排名第一, 再次荣获“百种中国杰出学术期刊”称号, 这已是《煤炭学报》第6次获此殊荣。