

鲁西伸展构造特征及其对煤矿生产的影响

王炳山 (山东科技大学 泰安 271019)
王西恩 (山东枣庄市地质矿产局 277101)

摘要 鲁西普遍发育的高角度正断层和一系列近东西向、近南北向的地堑、半地堑式断陷盆地,表明在中新生代,本区曾受到大规模的伸展作用,基底拉开的累积水平位移可达 30 余公里,形成的伸展构造不仅控制了鲁西煤与油气盆地的赋存与分布,对煤矿区的构造发育、水文地质条件、瓦斯的赋存等均产生了重大影响。

关键词 伸展构造 特征 煤矿开采 影响

中国图书资料分类法分类号 P542

作者简介 王炳山 男 50 岁 副教授 煤田地质。

1 引言

以郯庐断裂带为界,山东被分成鲁东、鲁西两个不同的地质单元,鲁西又存在沉陷区和隆起区两部分。沉陷区石油天然气资源丰富,隆起区分布着兖州、济宁、肥城、新汶等著名煤田,是我国重要的能源基地。近年来,随着石油、天然气勘探开发成果的不断积累和煤矿生产揭露的大量井下地质资料,对该区地质构造的形成和演化的认识不断深入。地球物理探测资料和井下揭露资料,均揭示了鲁西的地堑及箕状断陷构造样式与叠覆于其上的新生代断拗盆地,是自中生代以来,本区在引张条件下,地壳发生了广泛的水平伸展作用形成的伸展构造。它不仅控制了鲁西的总体构造格架,对油气盆地的形成、含煤盆地的分布及煤矿生产地质条件等,也产生了重要影响。

2 鲁西伸展构造特征

鲁西伸展构造是在早中生代区域地质背景上发展起来的,它既继承了早期构造,也在新的构造应力场条件下,出现了新的活动特点,因此造成构造活动的多期性、方向上的多变性,呈现出复杂的构造形式。

2.1 伸展断层组特征

伸展断层组是在先期 NEE 与 NW 两组压性、压扭性结构面基础上发展而成,走向总体呈近东西向,西端向 SW,东端向 SE 偏转,呈向北凸出的弧形,弧顶常出现 NEE 或 SE 方向的波状弯曲,呈现走向上的多变性。断层面多数南倾,少数北倾。南倾

的断层落差一般 1 000~2 000 m,如枣庄断层,鳊山断层、菏泽断层、莲花山断层等;有的达 3 000 m 以上,如汶泗断层、肥城—泰山断层、陵青断层、德州—埕子口断层等。它们常构成箕状断陷盆地的北部边界,是鲁西伸展构造的主体。北倾断层的落差多数 1 000~2 000 m,如单县断层、鱼台断层、郯城断层、聊考断层等,少数仅几百米。北倾断层与南倾断层常成对出现,构成不协调地堑构造的南北边界。(图 1)

断层面呈舒缓波状,倾角一般 60°~70°;地表出露陡可达 70°以上,深部变缓可小于 50°;如鳊山断层,地表出露倾角达 70°以上,钻孔揭露深部仅 37°~50°。由此推测,伸展断层组倾向上呈铲式。断层带可见糜棱岩、断层泥、碎裂岩、构造透镜体、擦痕、角砾岩等。有的断层挤压破碎现象主要发育于 NE 侧泰山群古老变质岩系中,表明断层具有多期活动的特征。

根据层厚—层长剖面平衡作图法,计算出鲁西伸展断层组底界深度,如肥城—泰山断层、蒙山断层、莲花山断层等在 29.5~32 km 交汇于下地壳中的低速层,新泰—垛庄断层、曹王墓断层、枣庄断层在 21~23 km 交汇于中地壳脆韧性转换带。这与重力和航磁计算处理结果,鲁西在 29~32 km 和 20~23 km 存在低速层、低阻层的结论是吻合的。

根据平面旋转断层倾角及计算伸展率公式

$$e = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \beta} - 1,$$

式中 e ——伸展率;

α ——断块岩层翘倾角度;

β ——断层倾角;

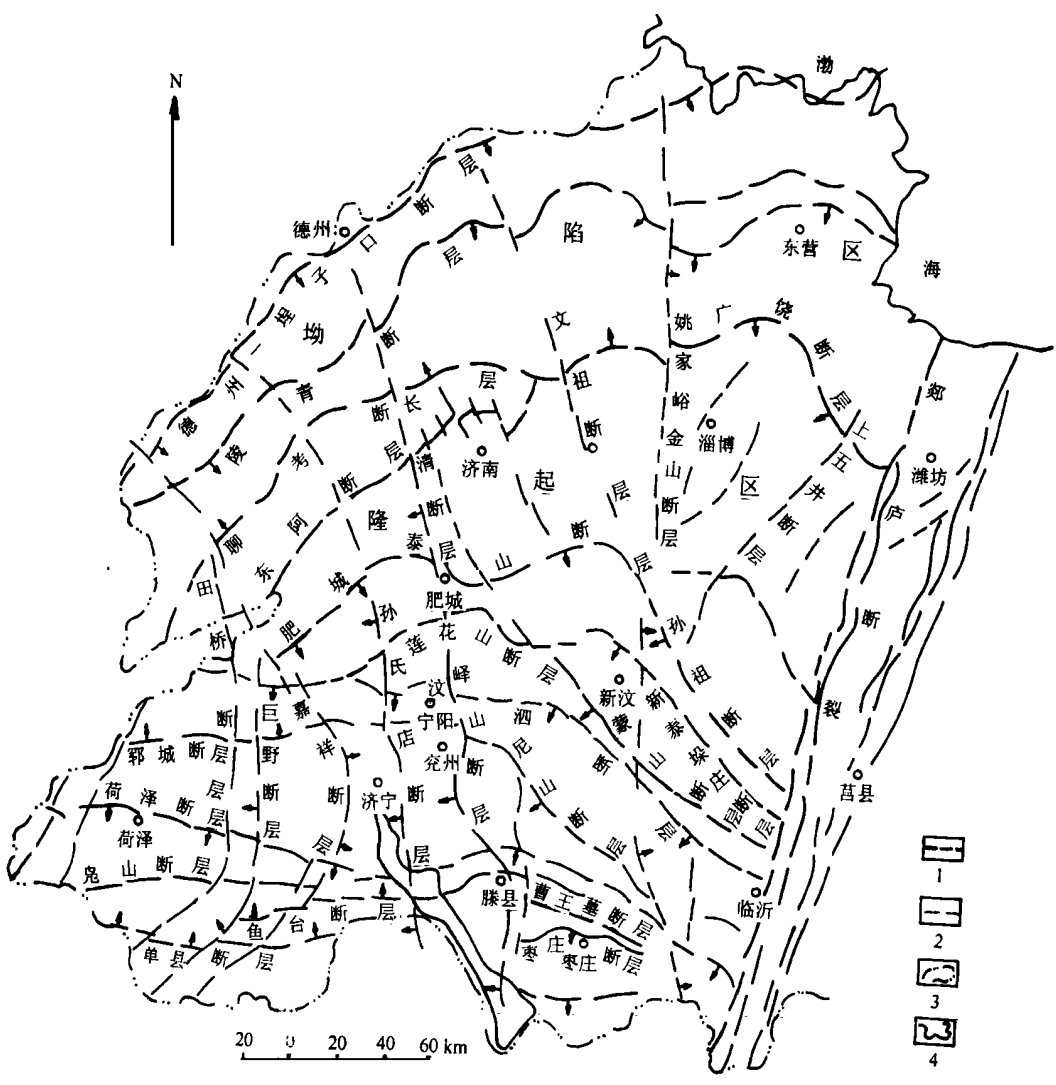


图 1 鲁西伸展构造系统纲要图
1——伸展正断层;2——传递断层组;3——省界;4——水体边界

计算出鲁西各断陷盆地的平均伸展率为 0.075, 平均伸展量为 1.5~4.5 km, 各断块南北方向上的累计伸展量为 30 km。

2.2 调整构造——传递断层组特征

鲁西伸展构造普遍发育了一组调整构造——传递断层组, 将鲁西地块沿走向分隔成多个不同的块段。传递断层组走向近南北, 其北端不同程度的向 NNW 和 NNE 偏转, 呈略向北撒开的扇状。主要代表性断层自西向东有田桥、孙氏店、峰山、文祖、姚家峪—金山、上五井断层等; 倾向或东或西, 倾角多 75°以上, 落差 1 000~2 000 m 不等, 大者达 2 500 m; 重力等深线反映密集, 梯度大, 切割深; 延伸都在 100 km 以上, 具等距性, 平均 10~25 km 出现一条。断层带可见构造透镜体、断层泥、擦痕等现象, 具有明显的走滑性质。(图 1)

传递断层组是鲁西地块在南北拉伸应力作用下, 块体在伸展过程中出现不均匀性调整而形成的调整构造。传递断层的几何形态受伸展正断层组几何形态及运动方式影响十分明显, 多数与伸展正断层组近于直交, 并切穿和错开正断层组。传递断层组除具有明显的走滑性质外, 还存在着东西方向的小规模伸展, 断层上盘下落, 形成了地堑或箕状断陷盆地。但断块岩体的旋转角度, 伸展量远较东西方向的伸展断层组小, 平均伸展率约为 0.03, 各断陷盆地沿东西方向的平均伸展量多不足 1 km。传递断层的这种伸展作用, 是由于鲁西伸展正断层组, 弧顶向北凸出, 向南张开, 在整体向南伸展的过程中, 断块岩体由狭窄的弧顶向开阔的弧后运动滑移, 形成了东西方向的引张分量造成的。因此它是鲁西统一伸展构造系统中的重要组成部分。

2.3 沉积特征

鲁西中生代沉积最早为中下侏罗统,由灰色砂砾岩、粗中细砂岩夹泥岩与煤组成,主要分布于章丘、淄博、安丘及其以北的拗陷带,是鲁西经中生代早期隆升剥蚀后,伸展作用开始萌生阶段的沉积物。下部冲积—洪积相杂色砂砾岩厚度虽然不大,仍然显示出裂陷盆地早期的近源剥蚀填积作用。

上侏罗统蒙阴组,由杂色角砾岩、砂砾岩夹砂质泥岩组成,分布于鲁西北部拗陷带与南部各断陷盆地中,且有向近东西弧形正断层增厚,粒度变粗的特征。棱角分明、砾石粗大、大小混杂均显示近源快速堆积的裂陷盆地堆积特征,说明鲁西经历了大规模伸展作用。

白垩系,下部青山组主要为安山集块岩、凝灰岩、凝灰质砂砾岩及泥岩组成,上部王氏组由凝灰质砂砾岩夹泥岩、粉砂岩组成,局部含有石膏。反映伸展作用增强,切割更深,引起了间歇式火山喷发与陆相沉积作用的交替混合堆积。

新生界第三系沉积遍及鲁西各大小盆地,拗陷区最发育,沉积厚度大,最厚达 8 000 余米,是主要的生油沉积。下部见砾岩、砂砾岩,中部为深湖—浅湖、泻湖相砂质泥岩、中细砂岩夹泥灰岩、生物灰岩、白云岩、油页岩、煤层,局部含膏盐层,上部为河流相砂岩、泥岩互层夹粉砂岩沉积。南部隆起区厚度 1 000~3 000 m,下部红色砾岩、含砾砂岩夹粉砂岩、泥岩,中部泥岩、泥灰岩、粘土岩夹砂岩、粉砂岩,含石膏、盐岩、天然硫、油页岩等,上部主要为钙质页岩、粘土岩、泥灰岩夹粉砂岩。

鲁西经白垩纪前期强烈伸展作用后,又经历过一次重要的挤压变形,引起了中、新生代之间的沉积间断和不整合。随着伸展作用的减弱,断陷型盆地已逐渐向断拗型演化,到晚第三纪已完全演变为断拗型盆地。

2.4 鲁西伸展构造的演化机制

鲁西伸展构造,是中新生代中国东部总的构造应力场发展演化的必然结果。古生代末,西伯利亚、华北、华南板块完成了拼接、聚合,太平洋板块沿 NNW 方向运动,向欧亚大陆俯冲,郯庐断裂左行平移,使鲁西地块曾上升隆起并遭受剥蚀,NW 向张扭及 NEE 向压扭结构面开始形成,并伴生一系列 NEE 向的褶曲及逆掩断层。鲁西除在淄博、章丘及以北的拗陷区局部有中下侏罗统沉积外,其余均未接受沉积。

晚侏罗世至早白垩世初,古太平洋板块向 NNW 方向的俯冲削减,郯庐断裂由左旋转为右旋,

鲁西受 SN 方向的拉伸作用,开始第一次大规模的伸展作用,沿早期 NW—NEE 向扭性结构面下滑、掀斜,形成近东西向(弧形)的地堑和半地堑盆地,接受侏罗纪上统的粗碎屑岩夹泥岩的沉积。随着拉伸作用增强,断裂切割加剧,引起大规模的火山喷发,形成早白垩世火山碎屑岩堆积。

白垩纪末,随着太平洋板块向 NNW 方向挤压作用的增强,郯庐断裂再次出现左旋走滑作用,鲁西受挤压隆起,造成下第三系与白垩系的不整合接触,并缺失下第三系早期的沉积。此后,印度板块与欧亚板块作用增强,太平洋板块作用减弱,中国东部处于引张状态,郯庐断裂再次产生右旋张扭作用,伸展作用再一次增强,并逐渐由断陷型向断拗型转化,形成了深湖、浅湖、泻湖相含油、含盐、含煤沉积。

3 鲁西伸展构造对煤矿生产的影响

鲁西伸展构造,将该区切割成大小不等的断块,当断块沿东西向主滑脱正断层旋转,受对倾正断层挟持时,形成不协调地堑,无对倾正断层时形成箕状断陷盆地,鲁西石炭二叠纪煤田均保存在地堑及箕状断陷盆地中。在鲁西拗陷区,石炭二叠纪煤层由于埋藏深,目前的技术条件下还无法开采。鲁西隆起区埋藏浅,埋深多在 1 000 m 以浅,煤层倾角多为 10~20° 之间,为煤矿分水平开采提供了极为有利的条件。另外由于伸展构造所特有的结构特征,及由此引起的各种次级重力构造,如滑动断阶、滚动背斜、滑覆构造、滑落背斜、底辟构造等,也给煤矿生产带来许多不利影响,值得认真研究。

3.1 造成水文地质条件复杂化

由于近东西向主滑脱正断层是由早期 NW 与 NEE 压扭性结构面发展而成,多呈向北凸出的弧形,其下盘大幅度抬升,将太古代变质岩系抬升地表,构成煤田深部边界,由于变质岩系具有天然隔水性,而煤系下部早古生代地层为一套以碳酸盐岩为主的含水岩系,致使箕状盆地成为天然的地下水库。在箕状断陷盆地内部,因正断层滑脱开裂引起下降盘地层为弥合潜在空间而发生坍塌作用,形成的次级重力构造,如滑动断阶、滚动背斜等,在脆性为主的地层中,具有良好的开放性,裂隙、岩溶发育,成为地下水良好的通道。岩溶陷落,形成岩溶陷落柱,不仅破坏了煤层的连续性,也给巷道开拓、维护造成困难。鲁西各煤田,如淄博、新汶、兖州、陶枣、滕县、济宁、肥城等,均为箕状断陷式煤田,因底板突水造成的淹井事故时有发生,肥城矿区是最具代表性的矿区之一。

肥城矿区奥灰水水位最高达 +65 m。经多年开采疏放, 现仍保持在 +35~+40 m 之间, 开采深部煤层因水压、矿压造成的底板突水, 断层导水事故时有发生, 累计达百余次, 突水点主要分布于引张断层带和煤层底部有效隔水层的减薄带, 而它们均与伸展构造有关。(关于肥城矿区煤层底板突水因素另有专门文章叙述)

3.2 引起矿井瓦斯分布不均衡

鲁西各矿区多数矿井为低瓦斯矿井, 但其中仍有个别矿井为高瓦斯矿井。如淄博矿区的岭子矿一井、西河煤矿、临沂莒县煤矿等均为高瓦斯井。这种瓦斯分布不均衡现象, 亦受鲁西伸展构造的影响。鲁西各矿区均位于伸展构造的下降盘一侧, 呈箕状断陷样式, 伸展构造次生的滑动断阶、滚动背斜、平行引张断层均较发育。由于以上次生构造具良好的开放性, 为煤层瓦斯的溢出提供了条件, 煤层瓦斯大多逸散, 矿井瓦斯降低, 特别是靠近东西向和近南北向引张断层附近, 瓦斯涌出量极低。与此相反, 由于压性、压扭性断层及顺煤层延伸的滑脱面对煤层产生挤压应力, 煤体结构遭受严重破坏, 呈糜棱状、粉末状结构, 大量瓦斯被吸附, 形成瓦斯富集区, 因此瓦斯的涌出量高。另外, 因伸展作用造成的大规模岩浆活动, 使石炭二叠纪煤的变质程度明显不均衡。在区域变质条件下, 鲁西石炭二叠纪煤以气煤、气肥煤为主; 而受岩浆侵入活动的影响, 煤的变质程度可达高变质烟煤和无烟煤阶段。煤的生烃潜能得到充分发挥, 煤的吸附性能增加, 形成瓦斯富集区, 矿井瓦斯涌出量高。如位于鲁西坳陷区与隆起区之间的淄博矿区, 是受中新生代岩浆侵入影响较严重的煤田之一, 煤的变质程度较高, 为焦煤、瘦煤、贫煤和无烟煤等, 属瓦斯富集区。但矿井瓦斯涌出量极不均衡, 全局 13 对生产矿井, 受开启性能较好的走向断层和区域南北向断层影响较大的 11 对矿井均为低瓦斯矿井, 而其余 2 对矿井因远离开放性断层, 加上受岩浆侵入影响严重, 均为高瓦斯矿井。如岭子矿一井田, 为一向北倾伏的宽缓向斜, 其东翼被岩浆侵入体包围, 瓦斯涌出量高, 最高达 13.6 m³/t, 而西翼因靠近落差为 310 m 的南北向开启正断层, 瓦斯涌出量极低, 仅 1~2 m³/t。由此可看出, 鲁西伸展构造对瓦斯的形成, 富集和分布均产生了重要影响。

3.3 次级重力构造的影响

3.3.1 滑动断阶

是由于多个铲式正断层上盘岩体受重力作用影响, 沿铲式正断层面节节下滑, 形成多个台阶, 呈带状与铲式正断层平行展布的滑塌断块, 常把煤层切

割得十分破碎, 倾角变陡或反转, 无法实行正常开采。如宁阳煤田北部边界断层 F₂₆, 其上盘发育一组与之平行的铲式正断层 F₂₃、F₂₇ 等, 形成多个滑塌断阶。(图 2) 在二水平首采区东翼, F₂₃ 号断层发育的滑动断阶, 造成煤层呈反向倾斜的小断块, 已无法开采。(图 3)

3.3.2 滚动背斜

亦称逆牵引构造, 是因伸展作用引起断层两盘开裂, 下降盘为弥合潜在空间而发生沉陷、坍塌形成。滚动背斜常发育一组与伸展正断层同向或反向的次生断层, 造成煤层被切割破坏, 呈大小不等的断块, 给开拓、开采造成困难。由于垮塌层多具开放性, 常是重要的导水断层, 严重影响安全生产。如滕县煤田位于崑山断层下降盘, 发育一组与崑山断层平行的滚动背斜, 背斜轴部断层发育, 煤层破坏严重, 与其伴生的岩溶陷落柱也经常发现。(图 4)

3.3.3 滑覆构造

由于单斜断块为重力滑动提供了斜坡, 煤系成为滑覆体, 常沿煤系下部的软弱岩层(煤层、粘土层)或奥陶系顶部古风化壳滑脱变形, 且具有多级、多层次、多期性特征, 可伴生前端褶皱、叠瓦状逆冲断层, 造成地层、煤层缺失, 使正常煤层被揉皱、破碎或遭破坏。在鲁西的新汶、肥城、宁阳等矿区, 滑覆构造十分普遍, 煤层破坏严重, 但规模一般较小。(图 5)

3.3.4 滑落背斜

因重力作用由两侧向中心滑动, 在中心形成背斜隆起, 滑动面可以是软弱岩层, 也可以是断层面。

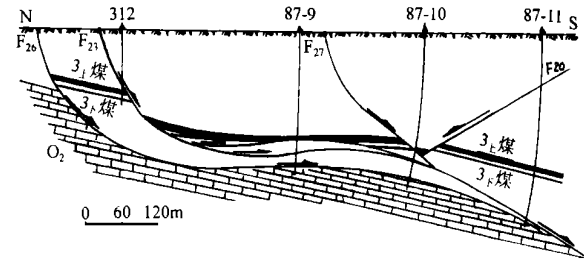


图 2 宁阳煤田 19-1 勘探线剖面图

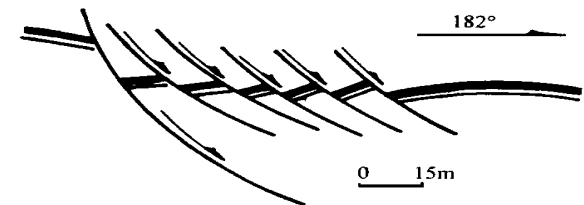


图 3 宁阳保安矿二水平首采区东翼剖面图

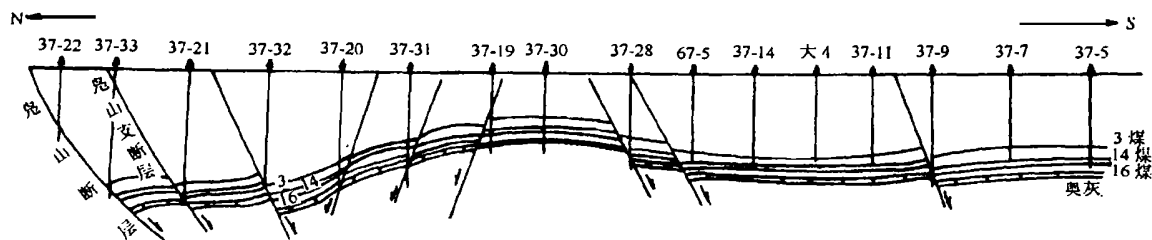


图 4 滕县煤田倾向剖面图

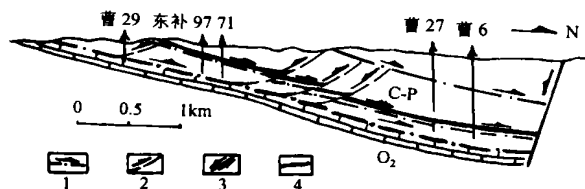


图 5 肥城煤田东部剖面

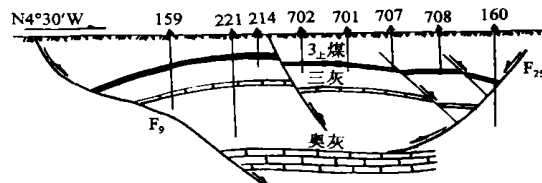


图 6 宁阳煤田茅庄矿浅部剖面图

1—滑动面;2—逆冲断层;3—伸展断层;4—煤层

背斜常被一系列与轴面平行的正断层切割而变得复杂化。煤层被隆起、挤压变薄,被分割破坏,给生产造成影响。如宁阳煤田茅庄矿,受 F_9 与 F_{25} 两条对倾铲式正断层影响,形成的滑落背斜,使煤层构造复杂,影响了生产布置。(图 6)

3.3.5 底辟构造

又叫挤入构造,是由某些塑性或流体物质在重力作用下,发生底辟刺穿作用,造成负载层褶皱变形或被刺穿。鲁西矿区的底辟构造多数为塑性煤层被挤入顶板的灰岩裂隙或溶洞,形成煤脉、煤刺、煤包,也有底板的粘土岩被挤入煤层,引起煤层变形,但规模一般较小,影响轻微。

4 结论

鲁西自中生代以来,受板块构造运动的影响,产生了多次近南北方向的伸展作用,形成了以近东西向正断层和近南北向传递断层为主的一套伸展构造系统。由于伸展作用存在着斜向分量,使近东西向正

断层和近南北向传递断层均产生了不同程度的伸展,近东西向正断层组是主导伸展断层组,伸展量大。

鲁西伸展构造,控制了鲁西新生代沉积盆地的形成和演化,油气的生成和聚集,也控制了石炭二叠纪煤系的赋存和分布。

鲁西伸展构造及次生的重力构造,对煤矿区的水文地质条件、矿井瓦斯的富集与分布、煤层的赋存形态均产生了重要影响,将是今后煤矿地质工作研究的重要课题。

参考文献

- 1 山东省地质局. 山东省前晚第三纪基岩地质图说明书. 北京:地质出版社,1983
- 2 王桂梁,燕守勋,姜波. 鲁西新生代复合伸展构造系统. 中国矿业大学学报,1992;(3):1~12
- 3 任文忠. 伸展滑脱构造和聚煤盆地. 中国矿业大学学报,1989;(4):16~22
- 4 王鸿祯,杨森楠,刘本培等. 中国及邻区构造古地理和生物古地理. 武汉:中国地质大学出版社,1990
- 5 张之一,李旭. 石油构造分析理论基础. 北京:地质出版社,1994

(收稿日期 1999-07-01)

CHARACTERISTICS OF EXTENSIONAL STRUCTURES IN WESTERN SHANDONG AND THEIR INFLUENCE ON COAL MINE PRODUCTION

Wang Bingshan (Shandong University of Science and Technology)

Wang Xien (Shandong Geological Mineral Bureau)

Abstract The geological phenomena that high angle normal faults and a series of graben or semi-graben types of faulted basins in nearly EW or SN directions developed widely in western Shandong indicated that this area suffered large scale extensional movement in Mid-Kainozoic. The accumulated horizontal displacement in basement is up to more than 30 km. The extensional structures not only control the occurrence and distribution of coal, oil and gas basins, but also influence the structure development in mining area, hydrological conditions and gas storage.

Keywords extensional stricture; characteristics; coal mining; influence