

冀中坳陷东部地区构造格架 及其形成与发展

吴继龙 卢学祺

(华北石油勘探开发设计研究院)

冀中坳陷第三纪以来经历了多期构造活动,对应于沉积期反映为坳陷的扩展并形成右旋构造,对应于不整合期反映为坳陷的收缩并形成左旋扭压构造。在东部断裂发育区,除形成潜山及其披覆构造外,在断裂的下降盘常形成既具有左旋和右旋、又具有垂直升降和水平挤压特征的牵引构造。在沉积凹陷中也发育兼具张性和压性特征的构造。这些构造的叠加,就形成了有利生油区附近不同层系的各种含油构造在投影平面上的叠加连片。

在构造研究过程中,作者发现冀中坳陷的构造普遍具有左旋、右旋双重方向和张性、压性双重力学性质。由于这种构造的复杂叠合,造成了特定的石油地质构造环境,对油气的运移和聚集起着重要的控制作用。

从构造格架图(图1)中可以看出区内基岩及盖层构造的基本轮廓。大体可划分为如下成分:

1. 北东向凸起、凹陷系 自北西至南东有:固安凹陷、保定凹陷,(向南西还有石家庄凹陷);牛驼镇凸起(位于霸县西北)、高阳凸起;武清凹陷、霸县凹陷;文安以东的大城凸起、献县凸起等。除北部边缘因固安-宝坻断裂的切割而略偏北东东外,总体上都呈北东 45° 斜列展布。

2. 北北东向构造带 位于图1右上端的大厂凹陷、牛驼镇凸起东北倾没端的河西务断裂构造带、霸县-饶阳凹陷及束鹿凹陷等,均系渐新世以后伴随断裂活动而形成的。它们叠置于早期形成的北东向构造之上。

3. 多向基底断裂及其所控制的菱形断块

(1) 北北东向雁行断裂及其所控制的基岩潜山系 比较典型的有河西务、牛东、苏桥-文安、任丘、河间、献县等断裂带。它们总体上呈雁行排列(在大比例尺图上各带自身亦由雁行断裂组成)。这些张扭性断裂控制了其一侧的基岩凸起或潜山构造的形成(文中“潜山”,系指比凸起低一级别的前第三系基岩正向圈闭构造)。

(2) 北东向断裂带 它们与较早形成的北东向构造方向一致,在凸起上相当于轴部断裂,如高阳凸起(基岩背斜构造)的脊线断裂。处于凹陷中及边缘的,如位于深县

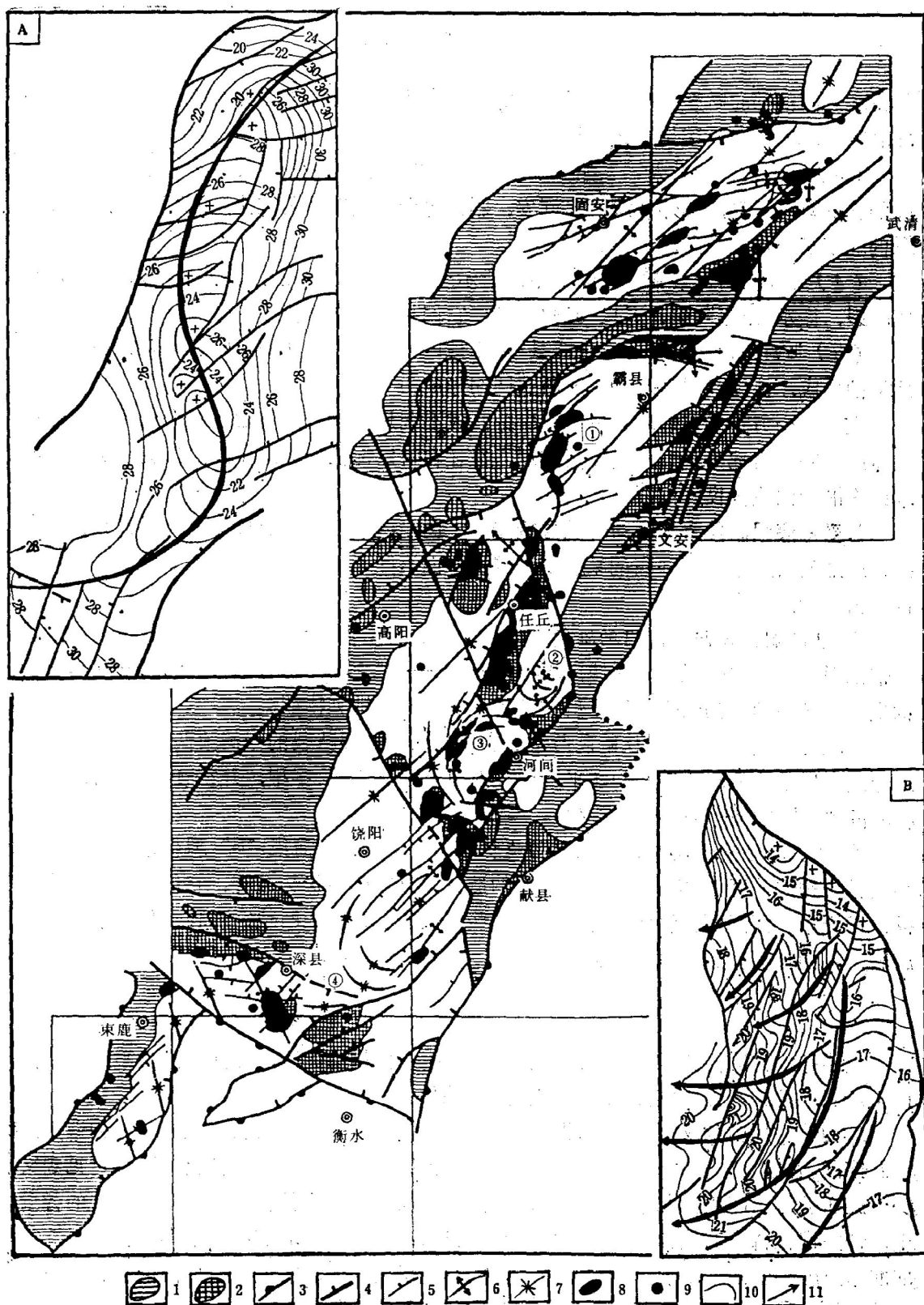


图1 冀中坳陷东部地区构造格架与油田分布图

①及A—岔河集“S”型构造，②及B—马西帛状构造，③—河间西旋卷构造，④—深县东帛状构造；
 1—基岩埋深小于4000m的相对隆起区，2—潜山构造，3—下第三系缺失线，4—基岩断裂，5—第三系断裂，
 6—第三系正向构造轴线，7—第三系负向构造轴线，8—油田，9—出油井，10—A图为东营组底面等深线
 (单位：100m)，B图为上第三系底面等深线(单位：100m)，11—鼻状挠曲脊线

与衡水之间的孙虎断裂、献县断裂北段等。在大比例尺图上它们亦有雁列特征，并常与北北东、北东东向断裂呈锯齿状追踪。

(3) 北东东向断裂带 如固安、武清凹陷北界的固安-宝坻断裂、牛驼镇凸起中段的霸县断阶带等，此外在武清、固安、霸县等凹陷的东南斜坡上，还有一系列延伸较短的北东东—近东西向断裂分布。

(4) 北北西向断裂带 图1中部所示三条北北西向断裂，自北而南为雄县-南马庄断裂、徐水-出岸断裂、五尺-武强断裂，它们具一定平移特征。

(5) 北西向断裂带 在深县-衡水地区出现一组北西西向断裂，并控制了深县地堑的形成，该组断裂与北北东向断裂同期形成。

上述五个方向的基岩断裂，将基岩分割成不同规模的菱形或近于菱形的断块。这些块体由于基岩古地形或后期的掀斜作用，往往在特定部位形成潜山圈闭构造，从而构成本区古潜山油藏的良好油源¹⁾。

4. 受基底限制并为其牵动的盖层构造 拗陷内第三纪沉积总体上是超覆式的，但其构造变形则显示出与基底的某些不协调性，而这些不协调的盖层构造又受着基底构造的严格制约。其表现是：

(1) 限制在凹陷范围内的雁行褶皱 图1所示背向斜都在第三系厚度较大的凹陷带范围内。构造一般比较平缓，翼部倾角在5—15°之间，也有的可达到25—30°，它们的走向与基底凹陷的菱形边界呈斜交关系，并有雁行排列特征。

(2) 主断裂两侧的分枝断裂与牵引构造 各主要断裂的一侧或两侧都有以正断层形式出现的分枝断裂，它们在平面上及剖面上都呈“y”字型，并常有与之延伸方向相反的“入”字型牵引构造相伴生。

(3) 夹持于菱形断裂网格之间的旋扭型构造 如岔河集“S”型构造(图1-A)、马西帚状构造(图1-B)、河间西旋卷构造、深县东的帚状构造等。它们分别处于霸县、任丘东、河间西、饶阳南等断块。这些已破裂了的基底断块，在扭动作用下，发生旋转，从而拖动盖层产生旋卷构造。

二

上述基本构造特征，反映了本区构造具有明显的扭动性质，然而无论从平面上或剖面上所表现的构造性质实际上要复杂得多。例如：

1. 构造布局中的双重方向，即反映左旋扭动的构造形迹与反映右旋扭动的构造形迹相互穿插、包容、复合在一起。如在北北东方向的凹陷带内，第三系各层构造都可见到反映左旋扭动作用产生的北东—北北东走向的线性或雁行排列的背向斜。在这一总的背景中，许多部位都有右旋构造形迹与之共存，包括：①北西—北北西向中小型背向斜，②北北东向雁列张扭性断裂，③主断裂一侧的右旋牵引构造，④主断裂一侧的右旋张扭性分枝断裂，⑤夹持于基底菱形断块之间的右行旋扭构造等。

实际上由于构造的叠加或联合作用，许多构造本身就具有两个方向，例如固安凹陷

1) 严敦实等，1978，华北扭转块断活动与古潜山油气田的形成。

的固安-旧州及廊坊等构造，都具有北北东及北东东两个方向的轴线。

2. 绝大多数断裂，从平面上看应属于剪切型断裂；但在剖面上，它们几乎全部表现为正断层。这些正断层两侧地层，在排除了区域背景之后，可见在断面附近有加厚现象（图2）。即使象容城那样的高凸起，其翼部残存的下第三系各组也都显示了向凸起方向加厚的趋势。

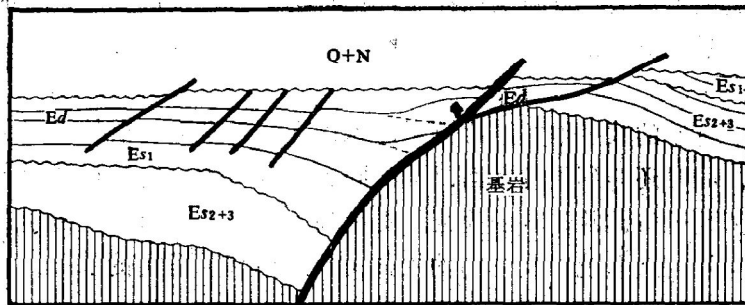


图2 HJ—509剖面图

正断层两侧地层都有加厚，处于下降盘的Ed中上部地层在断面附近因受挤压作用而拱起，早期成岩程度较高的Es₂₊₃地层则在离断面稍远的部位拱起并加厚。这种不调形变不同于因简单正断作用而形成的“逆牵引”构造

3. 作为正断层带上发生过挤压活动的另一种例证，是本区普遍发育的牵引型背斜构造，这些构造在剖面上与逆牵引背斜有着某些类似之处，如处于正断层下降盘、有的部位产状向断面倾斜、有“y”字型分枝断裂伴生等；但这些背斜的轴线不与主干断裂平行，而存在一个15—30°的夹角，在剖面上那些向着断面倾斜的产状，并非因局部地层陷落所致。图2中部所示的背斜构造显然是正断后经另一次挤压拱起产生的，某些“y”字型或“V”字型断裂，实质上是发生在背斜脊部的低序次断裂，某些“y”型断裂在平面上也呈“y”字型交于主断裂，因此它们应是反向扭动作用的产物。

4. 上述构造现象并非鲜见，实际上对应于基底凹陷部位的盖层构造，往往因扭动作用而形成一系列轴线与凹陷走向斜交的雁列背斜，并伴有不同程度的破碎和陷落，沿着断裂带还有新的牵引构造及更低一级的断层产生。

5. 图3中HJ-528剖面，反映了第三系的层间构造与下伏八里庄西潜山之间的依附关

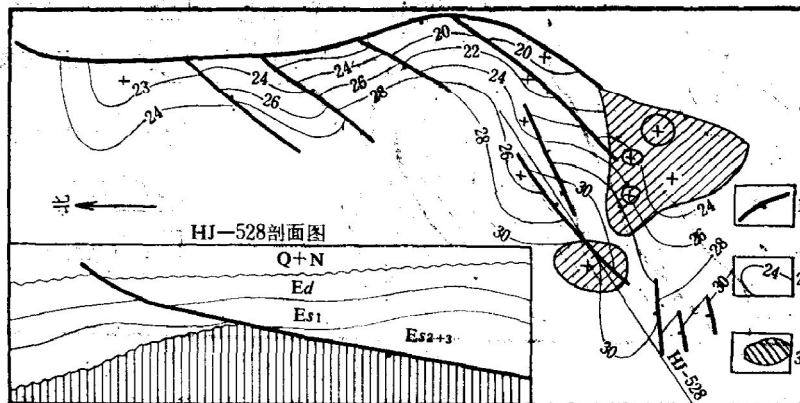


图3 南马庄断裂西侧盖层构造与断裂弯曲和基岩凸起的依附关系

1—断裂，2—东营组底面等深线(单位, 100m)，3—基岩凸起

系。结合平面图可以看出：潜山两侧都有挠曲产生，联系到基岩主干断裂向北延伸的走向转折，则所有在下降盘向北或向南平移过程中遇阻的部位都有挤压型挠曲产生。而总体上它们又是正断层带上的产物，并伴随有新的正断活动。这种现象实际上在所有规模较大的基岩断裂的一侧或两侧都有表现。

6. 钻井取心资料表明：在一定深度或层位界限以下，普遍见到地层倾角偏大，并有后生变形的挤压型小褶皱、双向层面擦痕、正断层面上大量不同方向的水平或斜向擦痕，甚至有反映强烈挤压的劈理、片理及糜棱现象，它们有时又与正断层的碎裂现象搅混在一起。

由于采用了新型的数字地震连片测量，本区在第三系（包括其底面）已获得五层全区连片构造图，同时还得到了基岩面以下不同层系的地震反射资料及相应的构造图。这些构造图得到了数千口钻井资料的验证，质量基本上是可信的。全层位立体模型的建立，为搞清各层系构造全貌以及它们的依存关系，提供了坚实的基础。

三

通过构造发育史的研究¹⁾，可以看出本区构造的形成与演化过程。

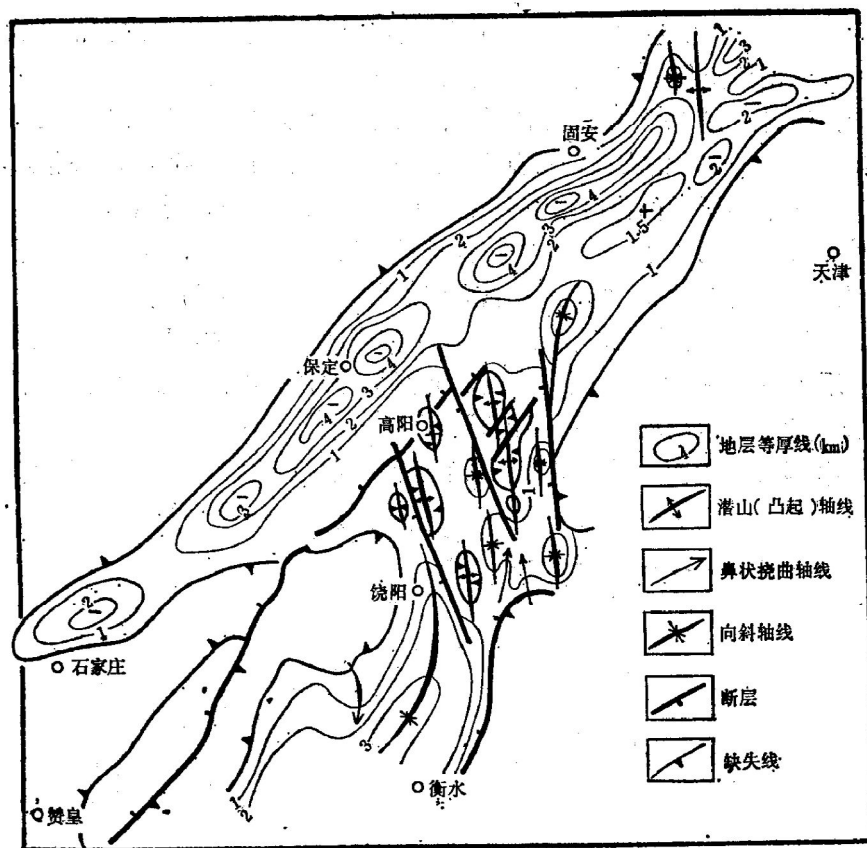


图4 孔店组—沙四段等厚图

本图主要采用剖面延伸法，结合区域厚度变化及镜质体反射率法进行恢复和验证。图中所标之北北西向与断裂作用及剥蚀有关的构造，可能反映为本期末构造活动的产物。

1) 吴继龙、卢学棋、侯承信，1984，冀中拗陷构造发育史及构造地质特征。

冀中坳陷是新生代以来形成的,它经历了孔店-沙四、沙二及沙三、沙一-东营、晚第三纪、第四纪等五个沉积阶段,其间发生了四次明显可辨的构造不整合。

1.孔店-沙四期(图4)沉积是在燕山期形成的高阳-赞皇隆起(复背斜)翼部两条侵蚀(岩溶)谷地基础上发育起来的。东西两凹陷带对应于早期的谷地,中央凸起带则继承了早期的隆起。其单体走向为北东 45° ,总体呈雁行排列。

西部凹陷带的西界断裂,中央凸起带的轴部断裂及东部凹陷带的东界断裂,据在基岩中它们伴有燕山期中酸性侵入岩分析,为中生代就已发生的断裂带;东部的三条北北西向断裂,据其对第早第三纪初期沉积有控制作用分析,可能中生代早已发生。它们构成了第三纪以来构造活动的重要边界。

谷地中大量早期红色粗碎屑岩建造及普遍较发育的中基性火山岩分布,说明沉积凹陷的展布可能与右旋扭动导致的拉张有关,这是对燕山末期左旋扭动的一次重要反向活动。

由于本期末的不整合范围广泛,相对隆起地区地层缺失严重,对等厚图的恢复仅在局部地区能够进行。因此,对因右旋扭动所造成的北西系统的褶皱难于辨认,北部有个别的近南北向构造显示(那里地层保存较全),而中部地区处于三条北北西断裂带之间及附近的北北西向构造,实际上反映了后期左旋剪切活动的结果(那里是残留厚度)。

沙四晚期由普遍的膏盐沉积指示了坳陷开始收缩,并最终形成一次区域性角度不整合,其活动特点主要表现在中央凸起带及两侧隆起再度抬升,遭受严重剥蚀,较高部位孔店组也被夷尽

(见图4,图5)。活动的另一个特点是:由于左旋扭动导致的北西、南东向挤压,凹陷带盖层构造产生一系列北东向平缓褶皱,及左旋断裂牵引构造,饶阳至衡水一带还显示出一定的旋转特征。

2.沙二及沙三期,水体范围扩展,沉积了本区最主要的生油岩系,从恢复后的等厚图看,其构造又出现了与孔店-沙四期相似的面目(图6);但东部带自北而南有一系列北北西向鼻状挠曲及背向斜(由于本区主要水上沉积在保定、高阳、石家庄地区,主要物源及水系来自南西方向。据钻探资料,东部地区沉积砂体亦呈北东方向展布;因此这些北北西向构造线,多数都是构造因素造成的)。

沙二末是本区又一次比较强烈的构造活动,其结果使西部凹陷带整体挤压拱起,并

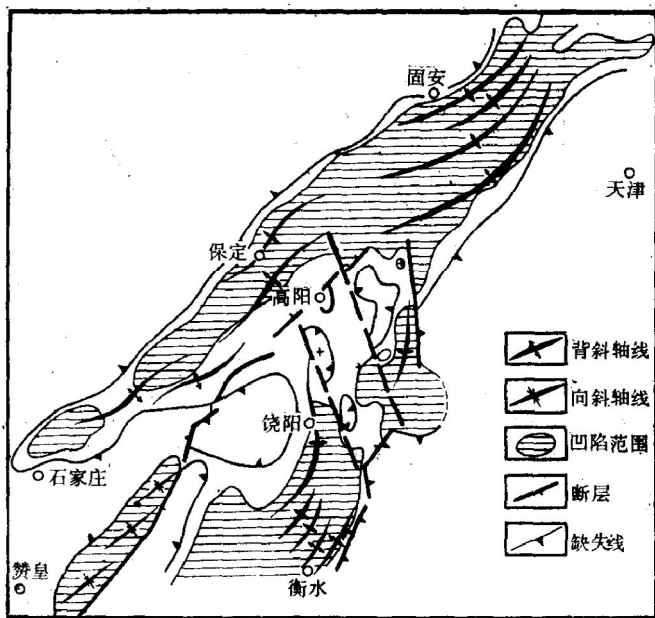


图5 沙四末期古构造纲要图

主要依据内幕地层产状与不整合面的关系及剥蚀厚度恢复结果建立古构造剖面,而后按一定间距(5km左右)排列于平面图上再参考等厚图及今构造特征连接构造的脊线或谷线。

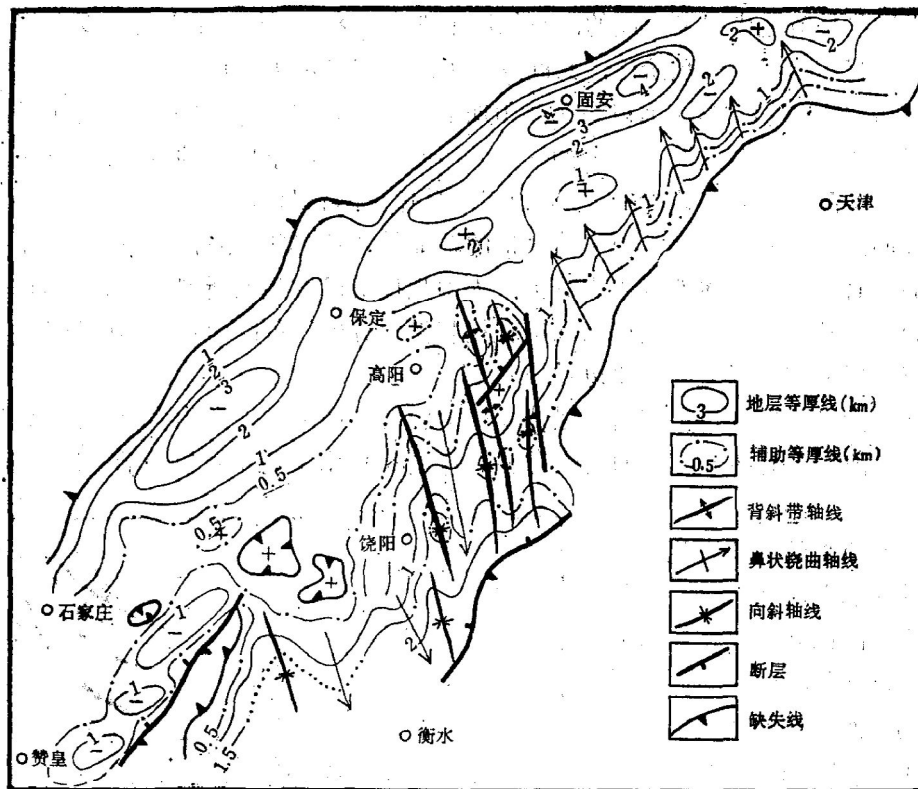


图6 沙二、三段等厚图

已对西部凹陷带及东南边缘的剥蚀区作了厚度恢复。作图方法同图4。

形成一系列北东东向左旋雁行褶皱(图7),从而结束了沉降史。东部带也相应地产生了一系列北东走向的雁行构造,但其规模和幅度不及西部带,构造走向的变化显然与那里的边界形态有关。

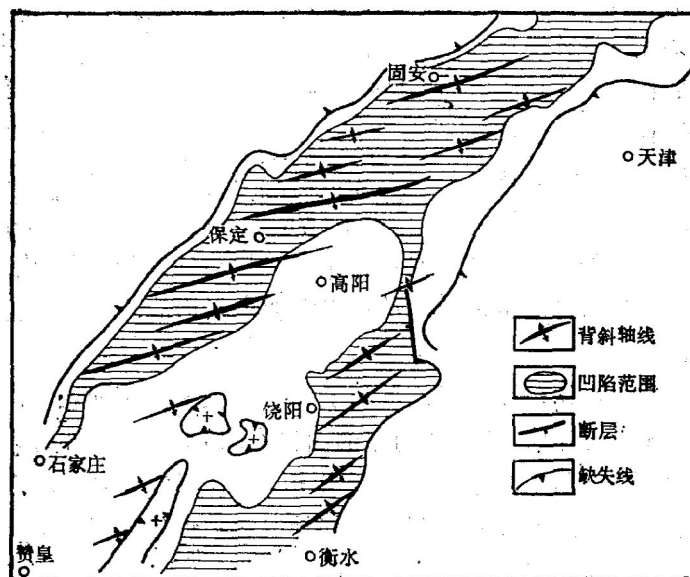


图7 沙二末期古构造纲要图

3. 沙一至东营期, 沉积中心移向东部带, 凹陷带的主体方向更趋北北东(图8), 可能与此期明显出现的北北东向基底平移(由右旋张扭性雁行断裂反映出来)活动有关, 与之相伴随的还有一系列北北西—近南北向构造发生。在图面上, 西部地区为沉积超覆区, 那里的北东—北东东向厚度变化, 可能与沙二末期古构造形态及本期沉积水系有关。

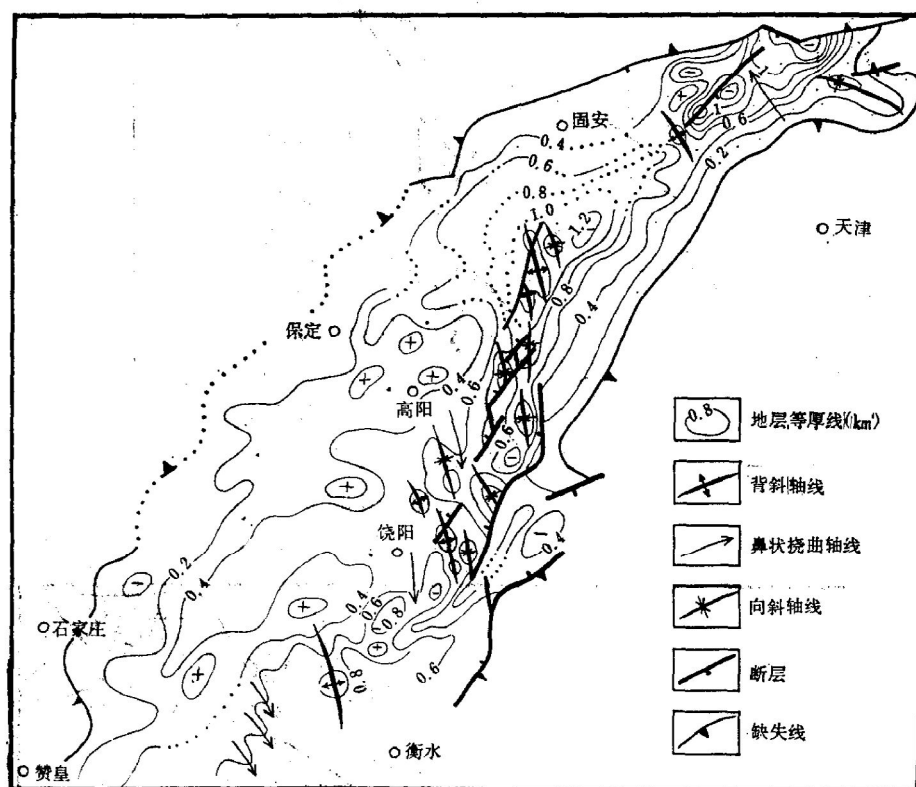


图8 沙一段等厚图

东营期起, 全区逐渐向准平原化发展, 沉积了一套红色较粗碎屑岩。至其末期, 发生了华北地区范围最广的区域不整合。沿着沉积厚度最大的主凹陷带, 又形成一系列左旋北东向雁列背向斜构造(图9)。这些构造线与区域剥蚀线方向一致, 东营组残留范围显示出, 这是坳陷在新生代时期最大的一次收缩。

4. 紧跟着发生了全区普遍的以正断为主要形式的一次平衡活动, 全区右旋张扭性断裂及中小型褶皱发育致较完善的程度(图10), 图1所反映的今构造格局也基本定型。但从图10及大量地震剖面资料看, 其后还有新的构造活动, 如上第三系凹陷轴线更向高阳隆起轴部转移; 东部带的巨大“S”型枢纽断裂系中, 许多部位的断裂和牵引构造, 向上延伸可直抵第四系内。

上述发育过程大体反映出: 对应于沉积期似有右旋扭动性质, 而对应于不整合活动期则有左旋扭动性质。这种沉积旋回与构造旋回的一致性, 还得到孢粉资料所反映的古气候变化旋回的佐证(见附表)。

本区构造的双重方向、双重力学性质的特点, 正是构造在发展过程中多次反向扭动

作用的结果。

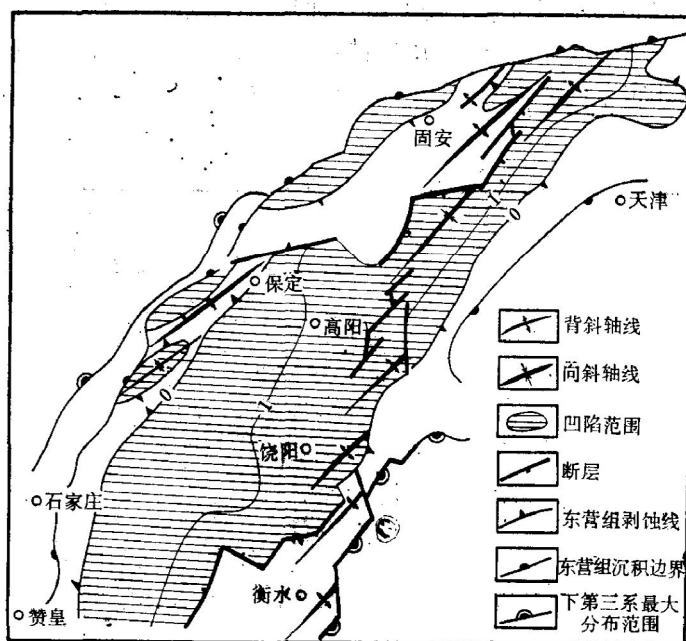


图9 东营末期古构造纲要图

图中等厚线表示 E_{s1} 及 E_d 残留厚度 (km)

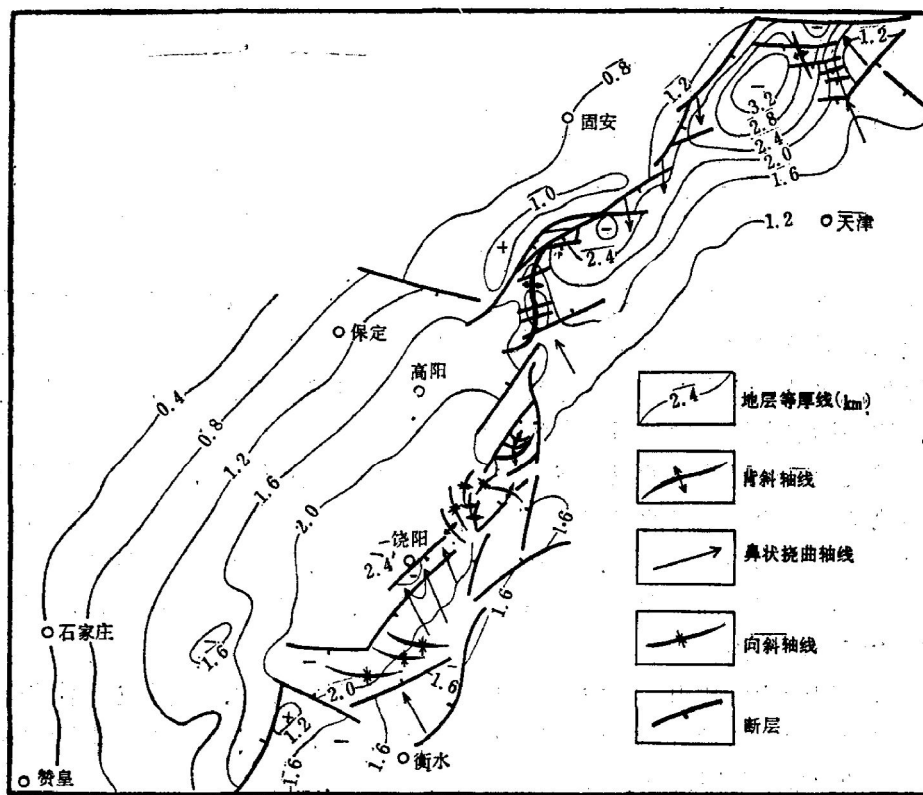


图10 上第三系及第四系等厚图

附表

层 系		沉 积 旋 回	古气候变化	构造活动	活动方式
第 四 系 (Q)		红色较粗碎屑岩	偏温凉 偏暖	不整合	?
上 第 三 系 (N)		红色较粗碎屑岩 红色粗碎屑岩		不整合	右 旋
下 第 三 系 (E)	东营组 (E ₃ d)	红色较粗碎屑岩		不整合	左 旋
	沙河街组一段 (E ₃ s ¹)	红色较细碎屑岩 暗色细碎屑岩	偏温 偏暖	不整合	右 旋
	沙二、三段 (E ₃ s ²⁺³)	红色较粗碎屑岩 暗色细碎屑岩 暗色较细碎屑岩	偏温 偏暖	不整合	左 旋
	沙四段 (E ₃ s ⁴)	暗色细碎屑岩夹膏盐及基性火山岩 红色粗碎屑岩夹基性火山岩	偏温 偏暖	不整合	右 旋
	孔店组 (E ₂ k)	暗色含膏细碎屑岩 红色粗碎屑岩夹基性火山岩		不整合	?

四

新生界盖层构造在发展中的显著变形，大多发生在沉积较厚的凹陷带中，并受着基底的牵动和边界条件所限制。显然，其活动是具有区域性的构造事件。实际上这种既有左旋又有右旋特征的构造现象是中国东部乃至濒太平洋地区中生代以来普遍存在的构造现象。

李四光早年在《古生代以后大陆上海水进退的规程》一文对北极及赤道地区不断地更替海水进退历程的论述和有关因地球自转速率变化而引起陆壳在“重圈”^[1]上时而朝南、时而朝北的相对移动的学说，说明了这个机制问题。许多学者也都充分注意到这里除新华夏系外，还有右旋构造系存在的事实。

如果可以把板块学说与地质力学所提出的两种关于大陆漂移的观点结合起来考虑的话，那么，当大陆相对向南移动时，由新华夏系扭动作用造成的北西—南东方向的挤压，与太平洋板块的俯冲作用相叠加；当大陆相对向北移动时，它与太平洋板块的俯冲作用总体上是一种消减，而陆壳在移动过程中，基于同样的底盘条件，仍可能产生与新华夏系方向相反的右旋扭动。当太平洋板块的推挤被传导至本区的速度，跟不上这里的离散速度时，则可能产生北西—北北西向右旋挤压构造，同时使老的左旋压性结构面松弛。

为了进一步验证这种构造格局及其活动方式，我们按照李四光模拟新华夏系的方法^[2]，在先进进行左旋扭动之后，再做右旋扭动，并使其扭距小于左旋扭距，如此往复两次以上，则出现了可以满足本区的各个基本构造形迹及结构面性质的结果（见图版）。

模型上构造形迹的分布是有变化的，由于泥巴铺得较满，因此在靠近边框的部位，无论断裂或褶皱与边框的夹角都偏小，甚至追踪呈近于平行边框的构造带，那里的褶皱显得更紧密，并伴有冲断及逆掩活动。中央区域的褶皱则显得宽大而平缓。一些被断层围限的断块有一定的旋转，或因复杂追踪而呈现出某种类似旋转的构造形迹。

实验所反映的另一个重要特点是:由于多次反向扭动,造成断块被压缩,而裂面普遍松弛。在实际构造活动中,裂面松弛的结果,必然导致在重力作用下正断体系的发生,正断的结果一方面造成了某些块体或块体的某些部位陷落,另一方面又导致对已松弛了的裂面的弥合。

五

冀中地区第三系构造是在中生代奠定的北东向雁行复背、向斜和与之有成因联系的断裂基础上发展起来的。由于多次反向扭动作用,形成了以北东向雁行排列为主的凸凹相间的构造格局,在断裂比较发育的东部地区,基岩被切割成一系列菱形或近于菱形的掀斜断块,并在其高侧形成基岩潜山构造。组成潜山的地层,在本区主要是中上元古界及下古生界碳酸盐岩。它们在多期构造活动过程中及漫长时期的侵蚀及岩溶作用下,产生大量的裂隙及孔隙,其渗透率远远大于第三系;而流体压力(接近自由水循环系统)又远远低于生油岩系的压实力。因此,构成了本区“新生古储式古潜山油藏”¹⁾的最佳油藏。

由于多期不整合及多次反向扭动,使第三系多层系构造产生了复杂的复合叠加关系。比如在凸起及潜山上的披覆构造及同步断块,在断裂两侧的牵引构造及分枝断裂控制的封闭断块,在凹陷中由多期、多层系叠加的被断裂复杂化了的雁列背斜、雁行断块,各种层间滑动型中小型挠曲构造等。这些不同层系、不同级别、不同序次的构造在平面上相互叠置,呈现出成带连片的局面。在生油区范围内,储油圈闭构造的星罗棋布,叠加连片。必导致油气也在某种程度上出现带状或环状富集连片的局面。目前勘探成果表明:这种趋势已显露出来(见图1)。

由于多次反向扭动,构造发生多期调整,并在一定深度范围内裂面普遍松弛,造成油气的多期运移和多期调整,其结果使油气沿着裂缝系统在生油凹陷及运移可及的范围内充分平衡,并在最佳油藏富集,形成前述的古潜山油藏和具有较低压力、较高渗透率的浅层次生油藏。

这些特点,在油气勘探中是应当充分估计的。

参 考 文 献

- [1] 李四光, 1976, 地质力学方法。科学出版社。
- [2] 李四光, 1954, 旋卷构造及其他有关中国西北部大地构造体系复合问题。地质学报, 第34卷, 第4期。

1) 严敦实等, 1978, 华北扭转块断活动与古潜山油气田的形成。

THE STRUCTURAL FRAMEWORK OF EASTERN JIZHONG DEPRESSION AND ITS EVOLUTION

Wu Jilong Lu Xueqi

(*Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Huabei Petroleum Administration*)

Abstract

The main oil-generation region of Jizhong depression, including Gu'an, Baxian, Raoyang, Shenxian and Shulu sags, was a unified oil-generation depression during the Eocene and Early-Middle Oligocene. The basement rocks of the depression were cut into a series of rhombic or semi-rhombic fault blocks with uplifts and depressions by fractures due to multi-tectonic movements. These fractures are normal faults in profiles, but have echelon arrangement, shear displacement, branching fractures and dragging structures on the horizontal plane, showing that most of the faults were formed by shearing stress. This is further proved by anticlines, synclines and even the echelon arrangement of higher-order structures. The compressive structure in the present area are complicated by tensile or tensile-shearing fractures. This kind of geological phenomena suggests that these structures are characterized by both directions of clockwise and anti-clockwise and compressive and shearing mechanical properties.

The study on the history of tectonic development indicates that the extension of the depression took place during the deposition period, thus formed mid-small dextral structures; the contraction of the depression occurred in the discordant period, and formed sinistral structures. This kind of sinistral and dextral shearings have happened alternatively for many times ever since the Tertiary, and finally formed a huge structural complex with buried-hill as its main body. The reversal motions led to multi-migration, extensive distribution and the best enrichment of hydrocarbon.