

华北盆地地震剖面地质解释及其构造演化

戴福贵¹ 刘宝睿² 杨克绳¹

(1. 东方地球物理公司研究院地研中心, 河北 涿州 072751;

2. 中国石油大学(华东), 山东 东营 257061)

提 要:从地震剖面显示华北盆地发育为手风琴式演化史,大体上形成有三层“断—拗”结构:(1)中新元古界的“断”古生界—三叠系的“拗”;(2)侏罗系的“断”上白垩统的“拗”;(3)古近系的“断”新近系的“拗”。断陷与拗陷分别由拉张与挤压应力场所致,这种应力场的变化是由相邻洋壳板块俯冲倾角由小到大的变化所引起的。由于地壳的多旋回运动,多次发生构造沉积演变,构成了多套生储盖组合,多领域、多种圈闭类型的油气藏,从中新元古界—古生界—中生界—新生界,各断陷—拗陷结构的盆地都有可能形成油气藏的地质条件。

关 键 词:盆地演化;构造应力;侵蚀面;俯冲作用;地震剖面;华北盆地

中图分类号:P631.4,P548 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2008)05-0820-21

华北盆地是一个多旋回断拗转化型的含油气盆地,在中新元古代至三叠纪发育的克拉通基础上经过印支—燕山—喜山等多期构造运动而形成的叠合含油气盆地。这一事实已被地震大剖面所揭露,现分别描述如下:

1 区域地震大剖面解释综述^[1]

盆地内普遍存在 8 个主要侵蚀面,从高深 1 井所钻 5639 m 的深度接近长城系底界。证实保定—饶阳地震剖面(图 1)所确定的长城系(Pt_2^F)与前长城系(Art_1)不整合面和蓟县系(Pt_2^U)与长城系界面(Pt_2^F)以及青白口(Pt_3)与蓟县系(Pt_2^U)的界面大体上是可行的。

从豫深 2 井(图 2)揭露 C_2 —P 与 ϵ_{2-3} — O_{1-2} 加里东侵蚀面是准确的。

从豫深 2 井与汤参 2 井(图 3)可知,T 与 C_2 —P 华力西侵蚀面是存在的。

印支侵蚀面在华北盆地为大量的钻井和地震资料证实,比较明显的为豫深 2 井。中燕山侵蚀面在 K 与 J 之间不整合面在临清拗陷的临 9 井所证实(图 4)。

燕山侵蚀面在华北盆地临清拗陷<421>地震剖面清晰可见。而喜山侵蚀面在华北盆地所有钻井、地震剖面都能见到(图 1~3)。笔者不再进行叙述。

总之,从区域地震剖面结构显示(图 1~3)、(表 1),中新元古界至三叠系的反射,总体呈现一套平行结构,具整体断开、整体褶皱和整体倾斜的特点。从地质发展史看,中新元古代至三叠纪华北地块反映了大华北克拉通盆地发展过程,经历了蓟县、加里东、华力西、印支等多期构造运动。形成海相、海陆交互和陆相 3 种不同的沉积相^[1]。地震波组对应的第 IV、V、VI、VII 4 个构造层分别反映了这个时期的沉积为海盆广覆、海陆盆广覆沉积。保定断陷—饶阳断陷地震剖面东段(图 1~3)和临清<421>(图 4)中段地震剖面结构,全面显示了中新元古界至三叠系的内幕反射,基本上为一个平行结构特征。充分说明这个阶段的地壳运动以频繁的振荡升降为主,褶断不发育,钻井揭示火山活动微弱,各层组间以平行间断为主。这一结论与地表地质观察基本一致。但纵观整个大华北克拉通构造演化,从地面地质资料结合地震大剖面等信息,可有新的意见。

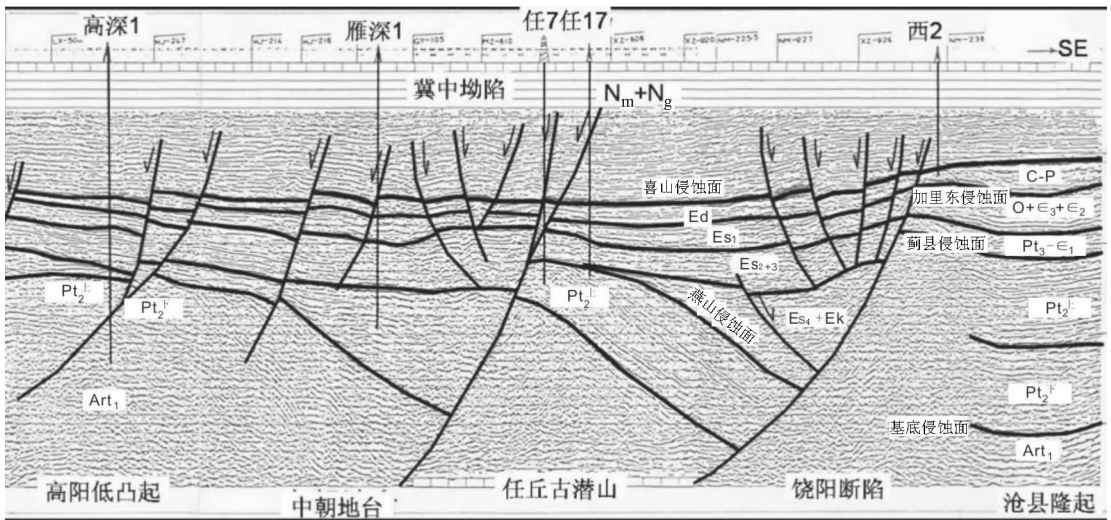


图 1 冀中拗陷保定—饶阳断陷地震剖面东段(示基底、蓟县、加里东、喜山侵蚀面)
(解释:孟东军 1986)

Art₁—太古界—古元古界;Pt₂^上—中元古界上段蓟县系;Pt₂^下—中元古界下段长城系;Pt₃—新元古界青白口系;
Pt₃-ε₁—新元古界和下寒武统碎屑岩(统称 0.2 s);O₁+ε₃+ε₂—中下奥陶+中上寒武统碳酸盐岩(统称 0.4 s);
C-P—石炭—二叠系 Es₄+Ek—古近纪沙河街组第四段+孔店组;Es₂₊₃—古近纪沙河街组第二段+第三段;
Es₁—古近纪沙河街组第一段;Ed—古近纪东营组;Nm+Ng—新近纪明化镇组+馆陶组

Fig.1 Eastern segment of the Baoding-Raoyang downfaulted seismic section in the central Hebei depression (showing the basement, Jixian, Caledonian and Himalaya erosion surface) (interpretation: Meng Dongjun, 1986)

Art₁-Archean-Paleoproterozoic;Pt₂^上-Meso-proterozoic Jixian System;Pt₂^下-Meso-proterozoic Changcheng System;
Pt₃-Neo-proterozoic Qingbaikou System;Pt₃-ε₁-Neoproterozoic and Lower Cambrian clastic rocks (called 0.2 sec);
O₁+ε₃+ε₂-Mid-Lower+Mid-Upper Cambrian carbonate rocks (called 0.4 sec);C-P-Carboniferous-Permian;
Es₄+Ek-Paleogene No.4 member of Shahejie Formation and Kongdian Formation;Es₂₊₃-Paleogene No.2 and No.3 member of Shahejie Formation;Es₁-Paleogene No.1 member of Shahejie Formation;Ed-Paleogene Dongying Formation;
Nm+Ng-Neogene Minghuazhen Formation and Guantao Formation

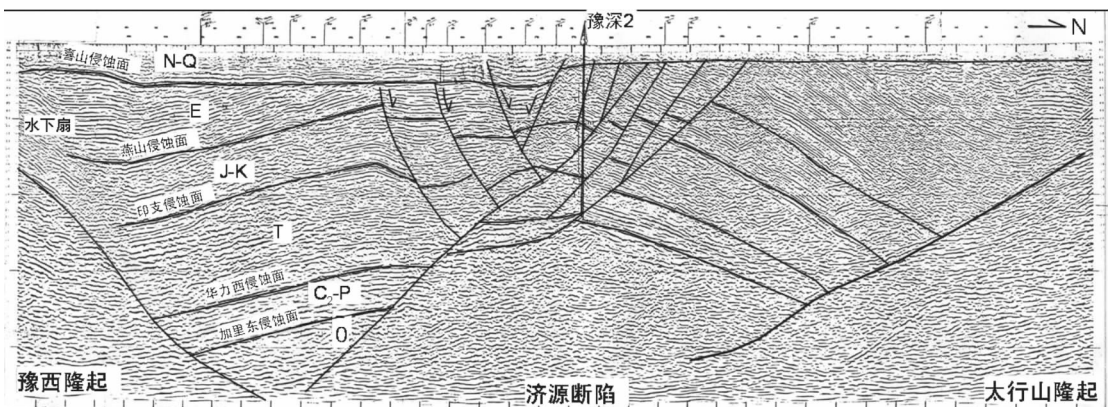


图 2 开封拗陷、济源断陷地震<130>剖面(示加里东、华力西、印支、喜山侵蚀面)
(解释:温森来 1986)

Fig.2 Seismic <130> section of the Kaifeng depression and Jiyuan fault depression (showing Caledonian, Variscan, Indosinian and Himalayan erosion surfaces) (interpretation: Wen Senlai, 1986)

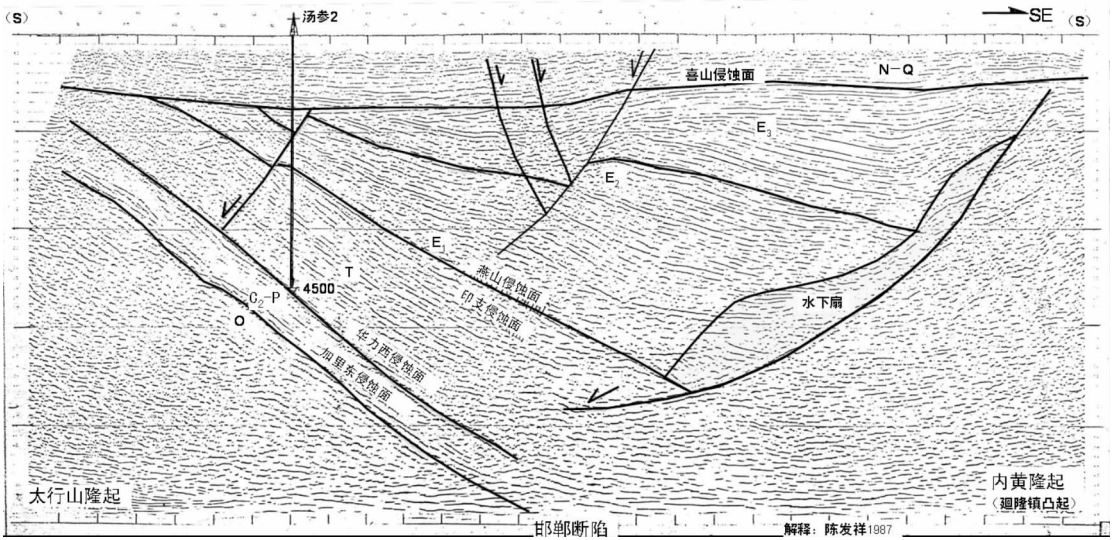


图 3 临清拗陷邯郸断陷太行山隆起—内黄隆起地震剖面(示华力西侵蚀面)
(解释:陈发祥 1986)

Fig.3 Seismic section from the Linqing depression-Handan fault depression-Taihang uplift-Neihuang uplift) (showing the Variscan erosion surface) (interpretation:Chen Faxiang, 1986)

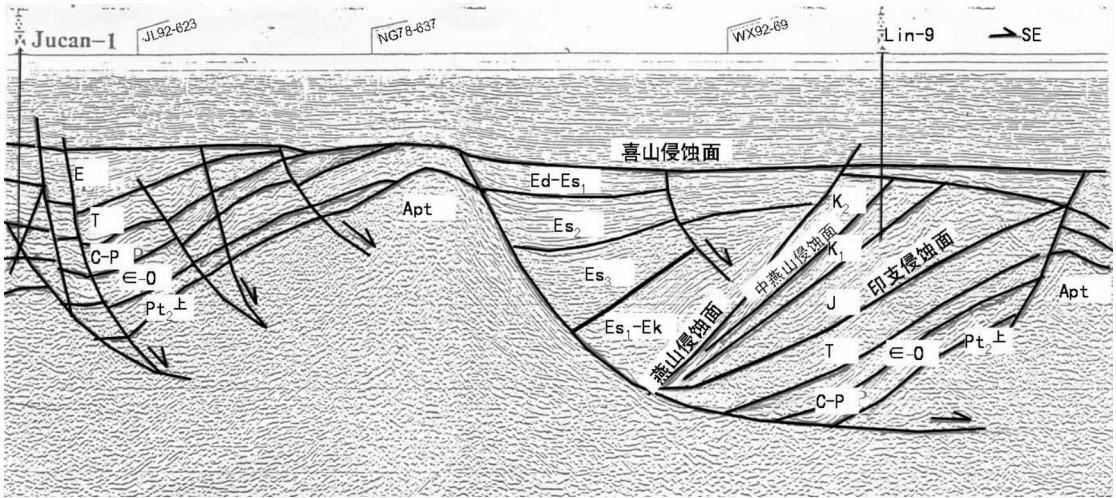


图 4 临清拗陷 LINE 85-421 地震剖面(示中燕山侵蚀面)

Fig.4 Seismic section line 85-421 of the Linqing depression (showing the Central Yanshan erosion surface)

2 盖层的形成和演化

2.1 中新元古代构造层箕状断陷发展阶段

吕梁(中条)运动,使华北盆地的基底由不同时代、不同性质、不同走向的地块“焊接”成统一的克拉通整体。地壳活动转化为稳定的过渡时期,大约经过

了 10 亿年漫长的地质演变,由南北两侧洋壳不断向盆地俯冲(图 5),盆内的古内黄隆起的崛起,致使南北两侧产生拉张应力,在区域拉张背景下,由于内黄古隆起边抬升、边剥蚀,在其古隆起南北两侧边拉张、边翘倾、边沉积形成断超(剥),方向均指向内黄古隆起,而形成冀辽箕状断陷(北沿内蒙古隆起南缘

表 1 地震反射波组与构造层对照

Table 1 Contrast between the seismic reflection wave group and structural layers

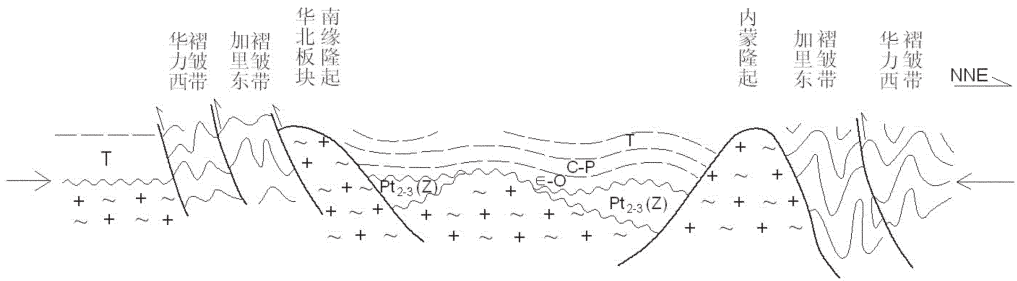
反射层 接触关系	地质属性	构造层		构造层特征		厚度深度变化		备注	
				一般反射特征	沉积特征	残厚 (m)	顶深 (m)		
第一波组	N+Q	第 I 构造层		反射密集、稳定	大型统一 盆状沉积	0~5000			
第二波组	E	喜山侵蚀面	第 II 构造层	II ₁	反射密集、稳定	分割性 强断陷 沉积	退覆	0~8000	800~ 5000
				II ₂	反射密集、稳定				
					II ₃	上部反射密集 下部反射稀疏	充填 超覆		
第三波组	K	燕山侵蚀面	第 III 构造层	III ₁	大倾角反射密集、 稳定	湖盆沉积	0~7000	在松辽 为大型 统一盆 状沉积	
				III ₂					
第四波组	T	印支侵蚀面	第 IV 构造层	上部弱反射 不连续 下部为空白 反射段	以陆盆广覆性 沉积为主	0~1000	1000~ 4000		
第五波组	C ₂ -P	华力西侵蚀面	第 V 构造层	上部为空白 反射段 下部为连续 反射段	以海陆盆广覆 性沉积为主	0~1000	1200~ 2200		
第六波组	ε ₁ -0 ₁₋₂	加里东侵蚀面	第 VI 构造层	0.4 S 顶底有强反 射波 内部为空白或较 弱反射段	以海盆广覆性 沉积	0~1400			
第七波组	Pt ₃ (Z ₃)-ε ₁	蓟县侵蚀面	第 VII 构造层	VII ₁	0.2 S 宽反射密集 带	海盆广覆 性沉积	0~9500		
				VII ₂	上部为空白 反射段 下部为连续密集 稳定反射段				
				VII ₃	上部为空白 反射段 中部为边缘 反射段 下部为弱反射段				
	Ar t ₁	基底构造面							

断裂向南翘起形成单边地堑式结构)和豫淮箕状断陷(南沿华北板块南缘隆起北缘断裂向北翘起的单边地堑式结构),在南北方向上构成三隆两陷的构造格局(图 6)。由于华北盆地深部资料不好,中新元古界看不清箕状断陷的面貌,只能借助华北克拉通鄂尔多斯地区箕状断陷结构(图 7)来推测华北盆地中新元古界箕状断陷的存在。

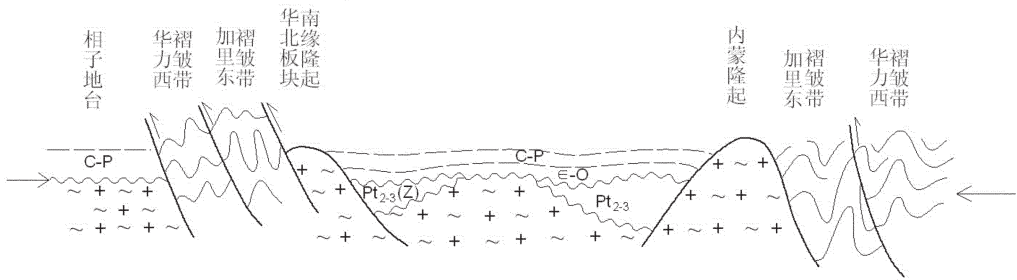
中新元古界是华北地台(克拉通)上第一盖层,

虽然时代过老(根据同位素地质年龄的测定,燕山地区高于庄组和雾迷山组为 1.45~1.205 Ga 前的海相沉积)^[2],但仍保持了很好的含油性。冀辽箕状断陷中新元古界富含菌藻的白云岩和沥青质白云岩具有生油岩的特征。燕山区河北平泉双洞背斜,蓟县系雾迷山组和铁岭组白云岩晶洞、裂缝内含丰富的液体油苗。“北京京西下花园青白口系下马岭组页岩内有沥青及稠油”^[7]。但豫淮箕状断陷火山活动强烈,岩

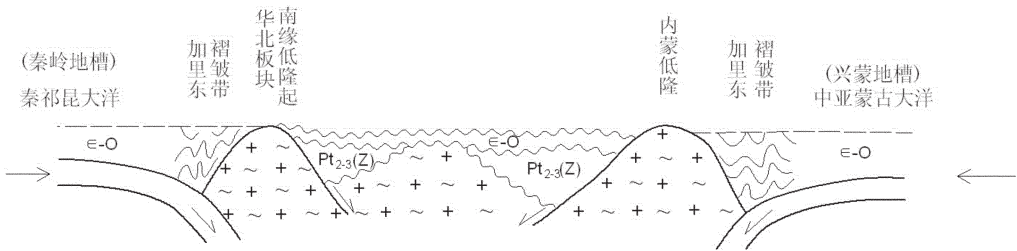
印支期强挤、褶皱、逆冲、抬升、剥蚀



华力西期强挤、褶皱



加里东期轻微挤压、褶皱



中新元古代拉张、翘倾、箕状断陷形成期

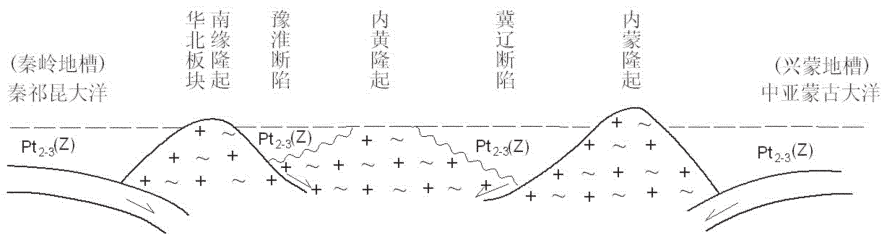


图5 华北克拉通中新元古代至三叠纪构造演化模式图

Fig.5 Meso- and Neoproterozoic to Triassic structural evolution model of the North China craton

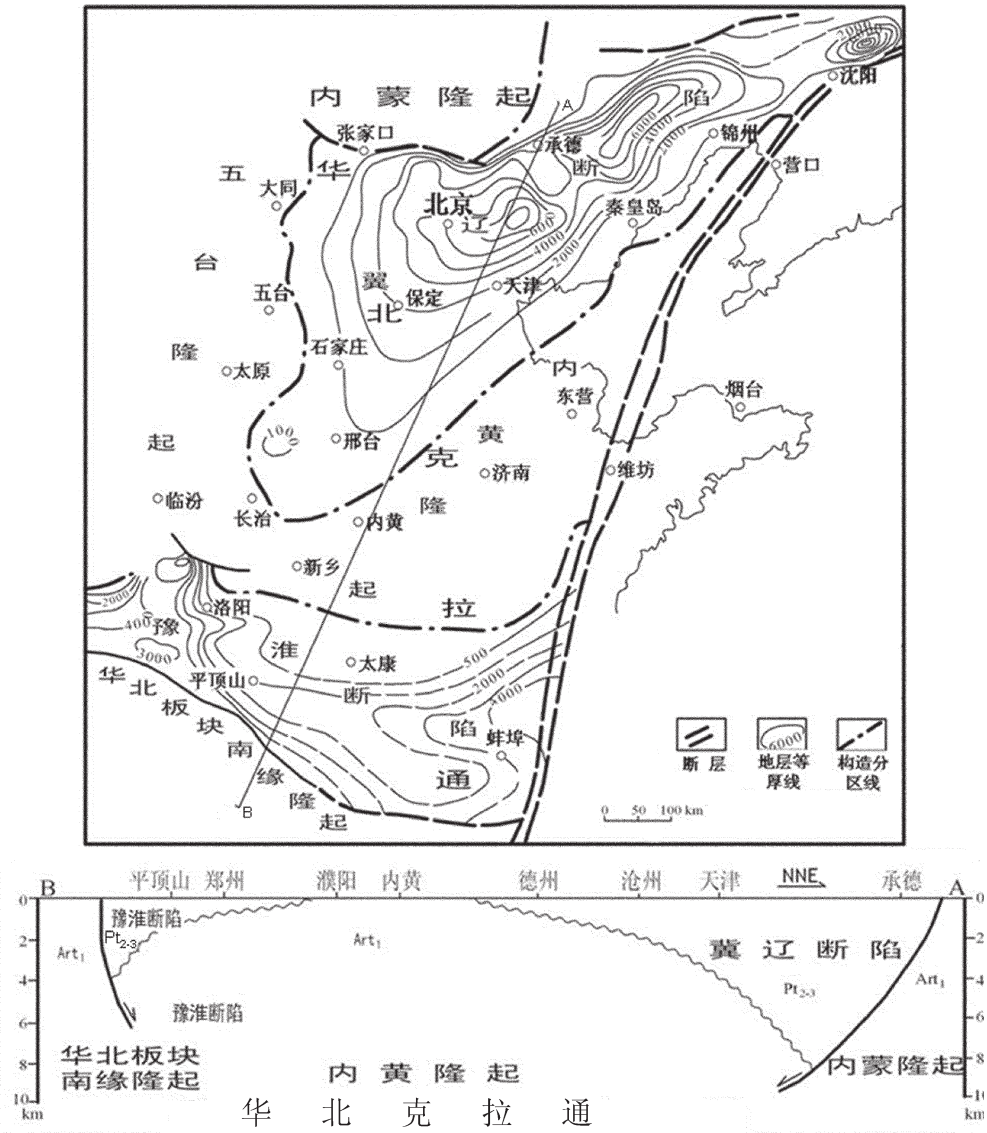


图 6 华北地台区(克拉通)中新元古代构造区划图
(据郝石生^[2],略有修改)

Fig.6 Meso- and Neoproterozoic tectonic divisions of the North China platform(modified from Hao^[2])

层普遍变质,因而找油条件差。

2.2 古生代至三叠纪构造层坳陷相间的构造发展阶段

2.2.1 早古生代坳陷相间构造发展阶段

(1)早古生代构造层特征

蓟县运动时,华北地台(克拉通)曾一度上升,早寒武世时又沉没在浅海中,一直到中奥陶世末才结束。沉积了一套全区广泛分布、可对比追踪叠置在中元古界箕状断陷沉积层之上的下古生界寒

武—奥陶系的海相碎屑岩和碳酸盐岩建造。寒武—奥陶系构造层具有四拗三隆的特点(图 8)。

(2)早古生代构造演化

华北地区仅发育寒武系和奥陶系中下统,一般厚 1000~1600 m(图 8),构成 3 个海侵旋回(表 2)。府君山期,发生早古生代初期海进旋回。兴凯运动(昌平上升),地台上升,经受短期的剥蚀,到馒头、毛庄、徐庄期发生海淹,漫及全区,张夏期海泛面达到最大。晚寒武世,在盆地中部和北部,长山组厚度变

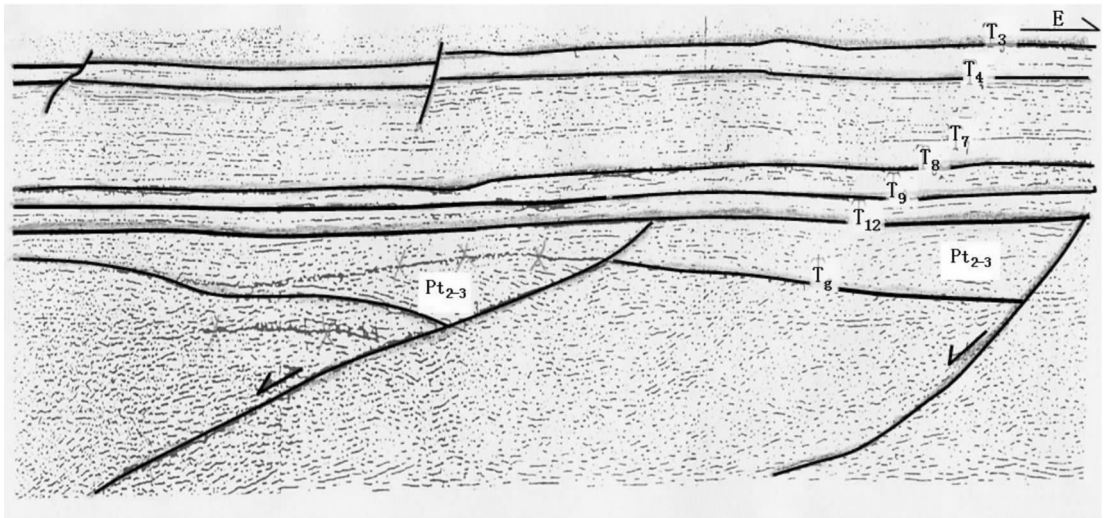


图7 鄂尔多斯地区 LINE<1294>地震剖面

解释:长庆油田转引自蔡希源 2001(略有修改)

Fig.7 Interpretation of seismic section line <1294> in the Ordos area:Changqing oilfield (modified from Cai, 2001)

化较大,竹叶状灰岩的“竹叶”表面,氧化圈发育,常缺失某些化石带,反映地壳升降差异较大。早奥陶世,海盆从南向北萎缩。至中奥陶世,又形成一个以广海为主的沉积环境。峰峰期(八陡期),海盆南北翼上升为陆,向盆地中部收缩。整个下古生界为多套水进型潮下带—开阔海沉积的深灰色灰岩,具良好生油条件,组成盆地第二大套生油岩系。在燕山区平泉双洞一带,下寒武系府君山组白云岩内有广泛的油苗露头。河北唐山和山东嘉祥地区采石场内,马家沟灰岩的晶洞及沿节理方解石脉内有液体轻质原油。井下岩样分析亦证实本区寒武—奥陶系碳酸盐岩地层具有广泛的含油性。

兴凯旋回后(早寒武世),古生代华北陆表海南北界不再受南北古隆起的限制,而向南、北低隆超淹,因而在华北克拉通南、北边缘找不到边缘相。由于南北两侧受大洋板块较晚期的俯冲,给华北克拉通以巨大的挤压力,使之上升并伴有轻微的褶皱,形成坳隆相间的构造格局,造成克拉通盆地整体抬升剥蚀,缺失晚奥陶—早石炭世的沉积。加里东运动,使南部秦岭海槽和北部中亚蒙古大洋俯冲前缘褶皱变质,地台增生形成加里东褶皱带。秦祁昆大洋、中亚蒙古大洋各向南北迁移,从而完成了华北克拉通盆地早古生代地质构造演化(图8)。

2.2.2 晚古生代坳隆相间构造发展阶段

(1)晚古生代构造层的特征

华北克拉通从中奥陶世末期到早石炭世末期,经过约 130 Ma 的风化剥蚀时期,奥陶系巨厚的石灰岩层经过长期的岩溶作用逐渐准平原化。到晚石炭统中期开始,华北克拉通又整体下降,接受沉积,当时海底不很稳定,有时上升,有时下降,海水忽进忽退,造成海陆交替相沉积了碎屑岩夹碳酸盐岩以及煤层建造,临清坳陷、丘县 LQ421 地震剖面清楚可见第 V 构造层下部的连续反射段对应晚石炭统的本溪组铝土页岩、上石炭统太原组灰黑色页岩夹灰岩以及下二叠统下部的山西组煤系地层。第 V 构造层上部空白反射段对应下二叠统上部下石盒子组、上二叠统上石盒子组、石千峰组的陆相碎屑岩建造。继承在早古生代坳隆相间构造层之上的上古生界石炭—二叠系盆地,仍具有坳隆相间的地质特征(图9)。

总之,古生界隆坳相间的构造层经过后期的构造运动破坏,特别是早喜山期的块断运动使得古生界隆坳相间整体构造格局已不存在。经深井钻探,在华北平原,特别是在东营(图10)、临邑、车镇、沾化、歧南等箕状断陷的南斜坡和在霸县、廊固武清、南和箕状断陷的东斜坡,东濮、南宫等箕状断陷的西斜坡以及北大港、河西务、文留—卫城、堂邑、馆陶等

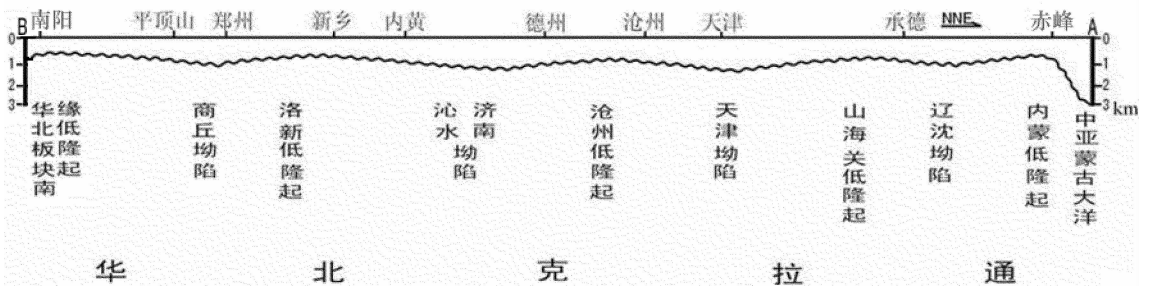
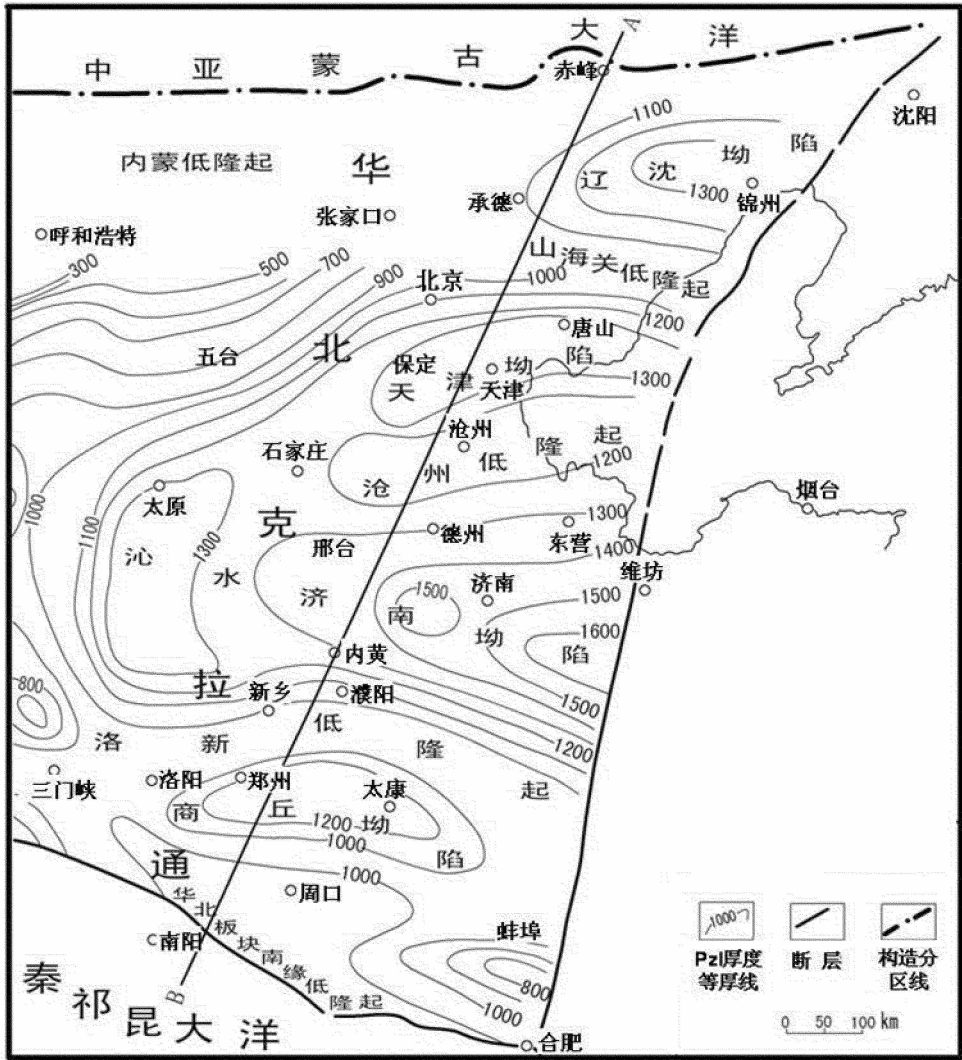


图 8 华北(渤海湾)克拉通早古生代构造区划图

Fig.8 Early Paleozoic tectonic divisions of the North China (Bohai Gulf) craton

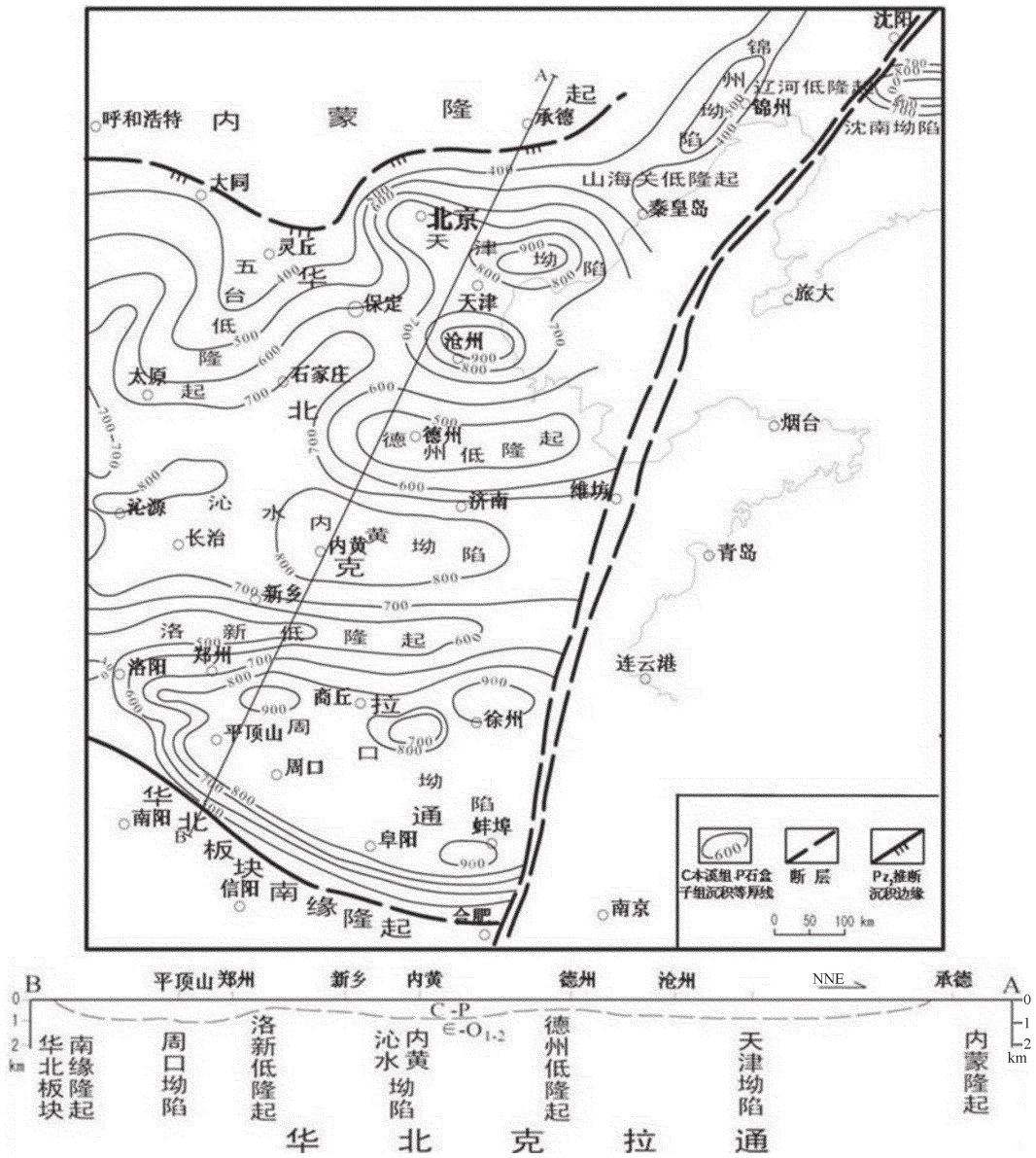


图9 华北(渤海湾)克拉通晚古生代构造区划图

Fig.9 Late Paleozoic tectonic divisions of the North China (Bohai Gulf) craton

低凸起上，在 1500~3500 m 深度内都有大面积的石炭—二叠系含煤系。例如巨鹿箕状断陷(图 4)的东斜坡所钻新巨 5 井、石炭—二叠系总厚 1004 m,其中煤系暗色泥岩 366.5 m,炭质泥岩 22.5 m,煤 5 m,煤系灰岩 120.5 m,总计烃源岩 487.5 m。占据整个石炭系地层总厚度的近二分之一，亦可构成华北地区天然气藏的源岩。

(2)晚古生代的构造演化

早古生代华北克拉通盆地在加里东期上升剥蚀，造成盆地内绝大部分地区缺失上奥陶统、志留

系、泥盆系和下石炭统。中晚石炭世开始华力西(海西)旋回沉积。由于受秦祁昆、中亚蒙古大洋活动的影响,南北华力西褶皱带不断的形成(图 5),华北克拉通受到南北挤压力的作用,开始沉降,中石炭世至上二叠世为连续沉积,先期中上石炭世形成以陆相为主的海陆交替相盆地沉积,二叠纪时由于南北华力西(海西)褶皱带力度加大使周缘山系升起、沉积基准面上升,形成下二叠统山西、下石盒子组及上二叠统下部上石盒子组的大型河湖沼泽盆地沉积,到晚二叠世晚期,石干峰组则属于以河流相为主的陆

表 2 华北盆地下古生界构造运动综合简表
Table 2 Summary of Lower Paleozoic tectonic divisions of the North China (Bohai Gulf) craton

地层系统		海侵旋回		沉积阶段	组段划分	保存厚度 (m)	岩石矿物特征
石炭系	中统	加里东上升			本溪组		
奥陶系	中统	第二海侵旋回	上亚旋回	碳酸盐岩	峰峰组	115~246	灰色泥晶灰岩, 生屑灰岩夹3~9层石膏, 厚23.8m
			中亚旋回		上马家沟组	255~336	深灰色泥晶灰岩, 含燧石生屑灰岩及细晶泥云岩夹石膏3~8层, 30m
			下亚旋回		下马家沟组	64~319	灰色泥晶含燧石条带灰岩, 云斑灰岩, 灰黄色深层泥云岩夹石膏, 55m
寒武系	下统	第二海侵旋回	怀远上升	碳酸盐岩+粘土岩	亮甲山组	35~210	灰色含燧石团块石灰岩
			上亚旋回		冶里组	29~173	灰色灰岩, 云灰岩夹石膏层
			中亚旋回		凤山组	40~151	灰、深灰色石灰岩, 条斑藻灰岩
寒武系	中统	第二海侵旋回	下亚旋回	碳酸盐岩+粘土岩+碎屑岩	长山组	8~74	灰黄色石灰岩, 竹叶状石灰岩
					菌山组	16~130	灰色石灰岩, 疙瘩状泥灰岩, 黄绿色页岩
					张夏组	83~292	灰色鲕状灰岩藻灰岩夹页岩
寒武系	下统	第一海侵旋回	昌平上升 (兴凯运动)		徐庄组	32~143	灰色砂屑灰岩, 鲕状灰岩, 紫色砂页岩含海绿石
					毛庄组	42~120	褐色页岩夹生屑灰岩含盐假晶
					馒头组	34~221	紫红色泥岩, 页岩夹石灰岩含盐假晶
新元古界			蓟县运动		府君山 (辛集)组	0~370	灰色石灰岩, 细晶云岩, 夹石膏层(22.8m)下部含磷砂页岩, 砾岩
			中上元古界				

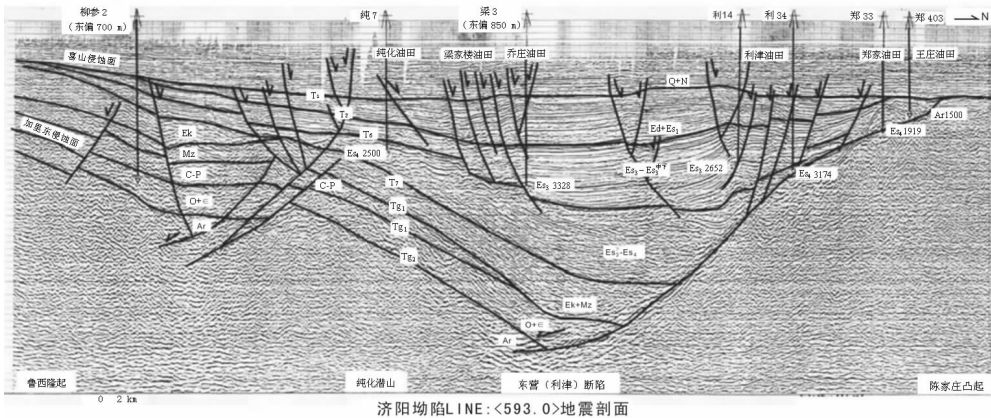


图 10 济阳拗陷地震剖面(示 C₂-P 地层的展布)
(解释:刘传虎、王军等,2003)

Fig.10 Seismic section line (597) of the Jiyang depression (showing the distribution of Middle Carboniferous-Permian strata) (interpretation:Liu et al., 2003)

相盆地沉积。

总之晚古生代随着二叠纪晚期盆地南北缘秦祁昆、中亚蒙古大洋的消亡,形成南北华力西(海西)褶皱带,焊接在南北加里东褶皱带上,结束了华力西(海西)旋回和石炭—二叠纪的构造演化的结束。

2.2.3 三叠纪构造层坳隆相间构造发展阶段

(1) 三叠纪构造层的特征

三叠纪华北克拉通进入大型陆内碎屑沉积盆地演化阶段,从LQ-421地震大剖面(图4)清楚可见第四波组、第IV构造层下部空白反射段对应三叠系中、下统的碎屑岩建造,第IV构造层上部不连续弱反射段对应三叠系上统湖相暗色砂泥岩建造,具陆盆广覆性沉积特征。

(2) 三叠纪的构造演化

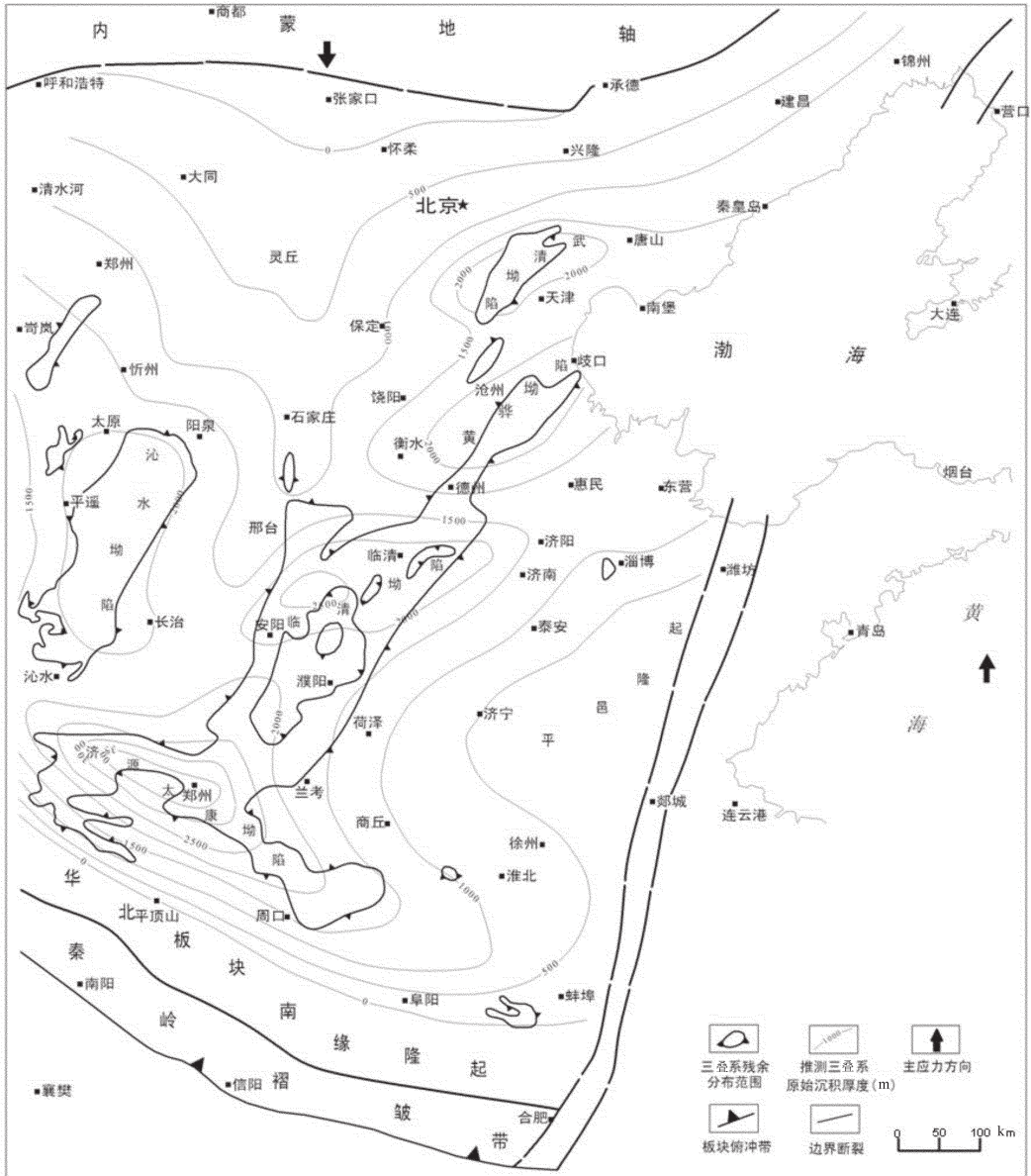


图 11 华北盆地三叠系构造区划图^①

Fig.11 Triassic tectonic divisions in the North China basin (after Huang, 1996)

①黄晓梅. 华北地区古生界构造演化暨含油气远景评价. 1996.

三叠纪华北克拉通盆地进入大型陆内沉积盆地演化阶段。从地震剖面显示(图 4),本区在中新元古代箕状断陷发展阶段之后古生界至三叠系构造层大体上近东西向大型隆坳相间展布的构造特征,不整合于所有老地层之上,在其北部横亘着近东西展布的于古元古代就形成的内蒙隆起,后经加里东运动形成的加里东褶皱带焊接在内蒙古隆起北侧,之后又经华力西(海西)运动形成的华力西(海西)褶皱带使中亚蒙古大洋消亡、西伯利亚板块与华北板块拼合形成的欧亚大陆。所以内蒙隆起始终控制着南侧海盆—海陆盆—陆盆的沉积;华北克拉通南部为近北西西向的淮阳隆起同样经过加里东运动形成的加里东褶皱带焊接在淮阳古隆起南侧、再后华力西(海西)运动形成的海西褶皱带使秦祁昆大洋消亡至此扬子板块与华北板块拼合在一起,由于南北两大板块向华北板块挤压从而形成三叠纪继承性坳隆相间的构造格局(图 11)。

2.3 侏罗—白垩纪构造层断坳结构发展阶段

2.3.1 侏罗—白垩纪构造层的特征

三叠纪末发生的印支运动,在华北地台发育史上是一个重要的转折阶段。它使华北地台的应力场发生了改变,构造线由近东西向转为北东、北北东向,地台随之解体,由于燕山运动的强烈改造,使印支运动留下的构造形迹模糊。一般未形成具有侵蚀面反射特征的标准层,在盆地内部的地震剖面上,常见印支侵蚀面以下反射层近乎平行出现(图 4)。突

出反映了印支运动使地台上沉积层(古生界—三叠系)全部的褶皱,形成一系列大型的隆坳相间背斜和向斜构造。侏罗—白垩系沉积了一套典型的湖盆沉积,在地震剖面上为密集、稳定大倾角反射段,对应着侏罗、白垩系构造层。从临清(421)地震大剖面(图 4),可见,侏罗、白垩纪沉积层超覆在三叠纪地层之上,看不到侏罗系构造层箕状断陷构造层的原形,这是由于华北盆地受燕山运动的破坏和喜山运动的改造结果。因此各学派对侏罗、白垩系构造结构原形意见不一,但仅在周口坳陷、颜集断陷显示了侏罗系的箕状断陷和白垩系的坳陷构造层(图 12)。

2.3.2 侏罗—白垩纪的构造演化

在华北盆地北缘的中亚蒙古大洋至晚二叠世才关闭。南缘于三叠纪晚期秦祁昆大洋才褶皱成陆,华北、扬子二陆块完全连结成统一整体,秦祁昆大洋(古特提斯洋)进一步向西南退却。燕山运动,以库拉板块活动影响占主导地位,取代了以秦祁昆、西伯利亚板块活动对华北地区构造活动控制史。三叠纪时也关闭了三叠纪晚期秦岭海槽。侏罗—白垩纪华北地区完全受控于库拉板块。侏罗纪时,随着库拉板块向北北西俯冲消减作用,使整个华北地区首次出现北东、北北东构造格局(图 13)。华北地区出现拉伸、翘倾运动,侏罗纪箕状断陷的形成,并伴有大规模的火山活动。至晚白垩世时由于库拉板块俯冲晚期倾角加大对华北盆地强烈的挤压形成了白垩纪坳陷沉积盆地,沉积了生油岩系。晚白垩世使华北地区

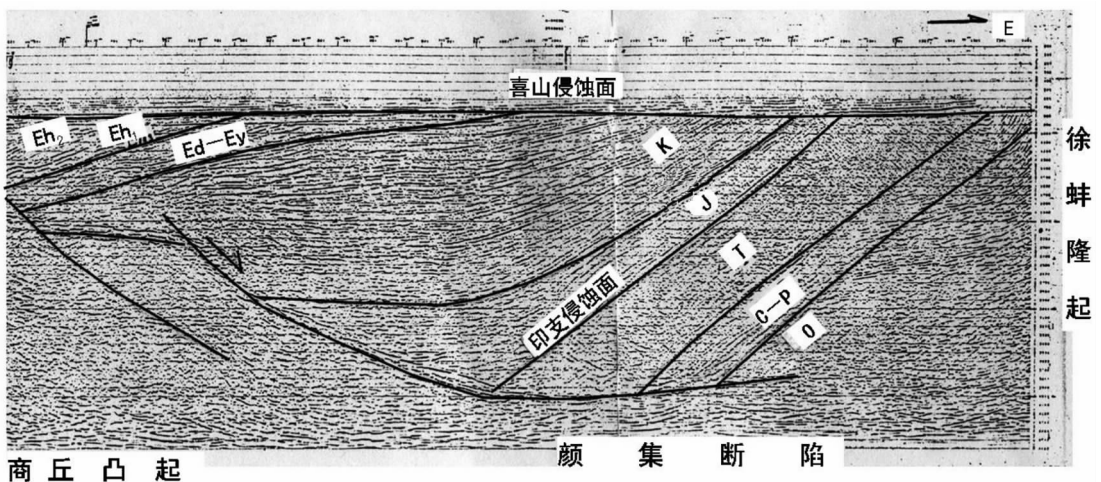


图 12 周口坳陷鹿邑—新站社 78-256 叠偏剖面(示 J 箕状断陷, K 坳陷结构)
 Fig.12 Luyi-Xinzhanshe 78-256 overlapping section of the Zhoukou depression (showing the listric fault depression and K depression structure)

进一步强烈挤压、抬升、剥蚀,使得晚白垩世构造层受到剥蚀,有的沉积盆地上白垩系已被剥蚀殆尽。

2.4 古近—新近纪构造层断拗结构发育阶段

根据地震信息,这个阶段保存地震资料最完整、最真实、最能说明地质结构演化及构造层地质

特征,华北地区古近纪构造层是全区最发育第二构造层(第二波组),大体上可分为3个亚构造层:第三亚构造层(II₃)地震反射段下部稀疏弱振幅反射,反映了裂谷初期(E_k)火山岩及火山碎屑岩的反射特征。第二亚构造层(E_{S1-3})(II₂)和第三亚构造层上部



图 13 华北盆地侏罗—白垩系构造区划图 (据:江宏涛^①1996)

Fig.13 Jurassic-Cretaceous tectonic divisions in the North China basin (after Jiang, 1996)

①江宏涛. 华北地区古生界构造演化暨含油气远景评价. 1996, 研究报告.

(E_{s_4})以及第一亚构造层(E_d)(II_1)为中强振幅层状、稳定反射密集段,对应着 $E_{s_{1-4}}$ 、 E_d 的砂岩、泥岩、油页岩以及生物灰岩呈韵律式的发育,反映裂谷发育期升降频繁的湖相沉积特征,与下伏地层呈角度不整合接触。新近纪构造层,地震反射的第一波组(第 I 构造层)为稳定密集状反射段,反映了新近纪以拗陷型广盆沉积为主的洪积平原相,以类磨拉石建造为主,表现为灰白、浅灰、红棕色等杂色砾岩、砂砾岩及砂泥岩层的反射特征。

新生代,华北盆地是典型断拗结构发展阶段。与中生代的侏罗、白垩纪断拗结构在地震剖面上的显示有质的区别。

2.4.1 古近—新近纪构造层的特征

(1)古近纪构造层的特征

由于太平洋板块沿北西向向欧亚板块的俯冲,华北盆地及其周边进入大陆裂谷发育阶段。全区分为燕山、鲁西、胶辽、徐淮、豫西、淮阳、山西隆起区,以及渤海湾和南华北断陷区等 9 个一级构造单元

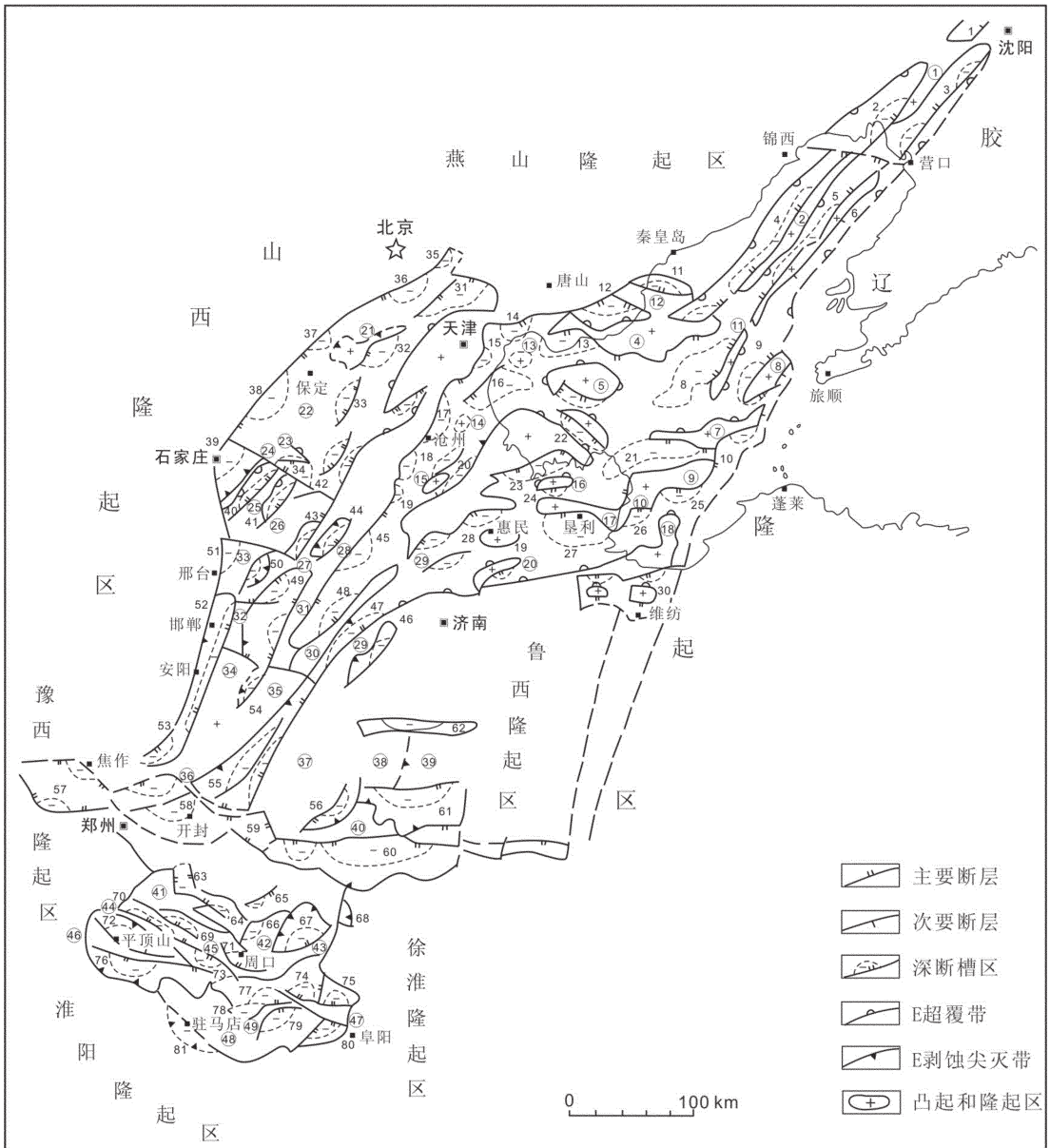


图 14 华北盆地古近纪构造区划图

Fig.14 Paleogene tectonic divisions in the North China basin

表 3 华北盆地构造单元划分
Table 3 Tectonic units of the North China basin

		断 陷	凸 起			断 陷	凸 起				
I 渤 海 湾 断 陷 区	一 下 辽 亚 断 陷 区	1 大民屯断陷	①中央凸起 ②辽西低凸起 ③辽东凸起	II 南 华 北 断 陷 区	七 临 清 亚 断 陷 区	49 晋州断陷	③④宁晋凸起 ⑤⑥新河凸起 ⑦⑧明化镇凸起 ⑨⑩武城凸起 ⑪⑫堂邑凸起 ⑬⑭馆陶凸起 ⑮⑯广宗凸起 ⑰⑱鸡泽凸起				
		2 西部断陷				50 束鹿断陷					
	3 东部断陷	51 前么头断陷									
	4 辽西断陷	52 南宫断陷									
	5 辽中断陷	53 大营镇断陷									
	6 辽东断陷	54 德州断陷									
	二 渤 中 亚 断 陷 区	三 黄 骅 亚 断 陷 区	④石白坨凸起 ⑤沙垒田凸起 ⑥渤东凸起 ⑦渤南凸起 ⑧埕北凸起 ⑨庙西凸起 ⑩莱北凸起 ⑪垦东-青坨子凸起		八 东 濮 亚 断 陷 区	内 黄 隆 起		61 汤阴断陷	⑲楚旺凸起		
						7 渤中断陷		62 元春集断陷	⑳南乐凸起		
						8 渤东断陷		63 东濮断陷	㉑兰考凸起		
						9 庙西断陷		九 开 封 亚 断 陷 区	64 济源断陷	㉒	
10 沙南断陷	65 中牟断陷										
11 昌黎断陷	66 民权断陷										
12 乐亭断陷	67 黄口断陷										
四 济 阳 亚 断 陷 区	埕 宁 隆 起			太 康 隆 起		十 周 口 亚 断 陷 区	68 砖楼断陷 69 逊姆口断陷 70 高朗断陷 71 临蔡断陷 72 鹿邑断陷 73 颜集断陷 74 张桥断陷 75 巨陵断陷 76 新站社断陷 77 襄城断陷 78 谭庄断陷 79 倪丘集断陷 80 原墙集断陷 81 午阳断陷 82 沈丘断陷 83 项城断陷 84 临泉断陷 85 阜阳断陷 86 汝南断陷		⑳长葛凸起 ㉑玄武代集低凸起 ㉒郸城凸起 ㉓临颍凸起 ㉔西华低凸起 ㉕平顶山凸起 ㉖纸店凸起 ㉗平与凸起 ㉘陈集凸起		
	13 秦南断陷			⑫秦南凸起							
	14 南堡断陷			⑬马头营凸起							
	15 河间断陷	⑭西南庄-柏各庄凸起									
	16 北塘断陷	⑮老王庄凸起									
	17 板桥断陷	⑯西河凸起									
	18 歧口断陷	⑰新港低凸起									
	19 沧东断陷	⑱孔店凸起									
	20 南皮断陷	⑲黑龙村凸起									
	21 吴桥断陷	㉑义和庄凸起 ㉒陈家庄凸起 ㉓淮北-广饶凸起 ㉔潍坊凸起 ㉕寿光凸起 ㉖林樊家-滨州凸起 ㉗青城凸起	㉘								
22 盐山断陷	㉙										
五 冀 中 亚 断 陷 区	沧 州 隆 起			大 兴 凸 起		六 北 京 亚 断 陷 区	45 顺义断陷 46 丰台断陷 47 琉璃河断陷 48 涿州断陷	㉚来广营凸起 ㉛良乡凸起 ㉜新城凸起			
	23 黄河口断陷			㉚牛驼镇凸起 ㉛高阳低凸起 ㉜刘村低凸起 ㉝藁城低凸起	㉞						
	24 埕北断陷								㉟		
	25 车镇断陷								㊱		
	26 沾化断陷								㊲		
	27 莱州湾断陷								㊳		
	28 羊角沟断陷								㊴		
	29 东营断陷								㊵		
	30 惠民断陷	㊶									
	31 临邑断陷	㊷									
32 潍北断陷	㊸										
33 牛头镇断陷	㊹										
34 青南断陷	㊺										
六 北 京 亚 断 陷 区	35 武清断陷	㊻	㊼								
	36 霸州断陷			㊽							
	37 饶阳断陷			㊾							
	38 深县断陷			㊿							
	39 大厂断陷			㋀							
	40 廊固断陷			㋁							
	41 徐水断陷			㋂							
	42 保定断陷			㋃							
	43 石家庄断陷			㋄							
	44 里坦断陷			㋅							

(图 14)。其中渤海湾断陷区包括下辽河、冀中、北京、渤中、黄骅、济阳、临清、东濮亚断陷区,沧州、呈宁、内黄、沙垒田—石白坨、大兴亚隆(凸)起等二级构造单元。南华北断陷区包括济源—黄口、周口亚断陷区,太康亚隆起等二级构造单元。

(2)新近纪构造层的特征

新近纪,华北盆地进入最近一次拗陷演化阶段。不整合在古近纪各断陷之上,形成了大型的统一的陆相拗陷沉积盆地,沉积了一套陆相砂砾岩夹泥岩的地层。区域构造线仍为北北东、北东、东西和北西(南华北)向展布。沉积厚度西薄(1000 m)东厚(3500 m)最厚在渤中拗陷(5000 m)。构造活动微弱,沉积厚度是渐变锅底式的沉积构造层,与古近纪

的大起大落箕状断陷式的沉积构造层完全不同。形成北有燕山、西有太行山、东有胶辽隆起区、南有秦岭褶皱带十大拗陷现今的华北盆地地质地貌特征(图 15)。

2.4.2 构造演化

新生代,太平洋板块以北西方向,向欧亚大陆俯冲,由于开始俯冲倾角较小,使岩石圈上拱产生张应力,形成华北裂谷型断陷盆地。裂谷长期继承深裂陷,致使沉积速度快,形成沉积岩厚度大。新生代裂谷发育主要经历了张裂、深陷、收敛、扩张、退缩、夭亡 6 个阶段(图 16)。

(1)张裂期

孔店组三段时,裂谷湖盆开始沿断裂带拉张裂

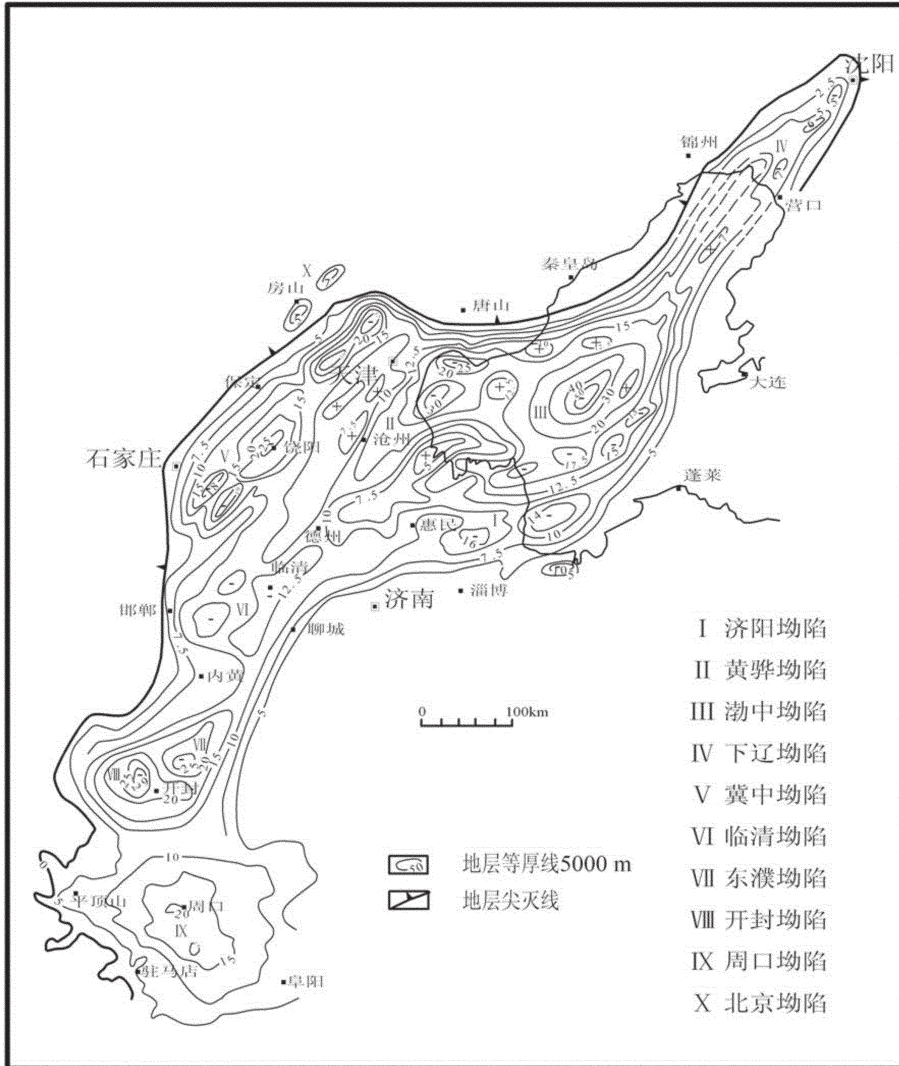


图 15 华北盆地新近纪构造区划图

Fig.15 Late Neogene tectonic divisions in the North China basin

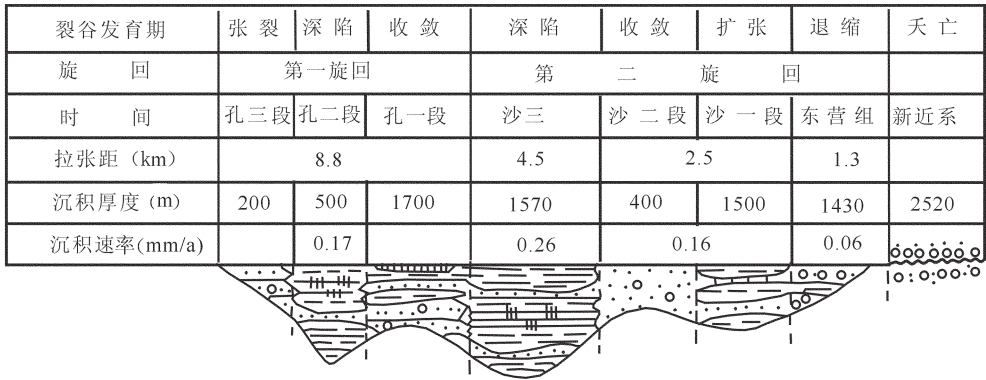


图 16 裂谷发育阶段与沉积发育类型示意图^[3]

Fig.16 Diagrammatic map showing the stages of rift development and types of sediment development (after Zheng, 1993)

解形成。早期接受了厚 200 m 的红色碎屑岩沉积,可以形成储油条件。

(2) 深陷期

是裂谷发育的高潮。湖盆大幅度深陷,沉降速度大于沉积速度。范围最大,沉积了巨厚的深湖相黑灰、褐灰色富含有机质的泥岩、油页岩夹少量薄层细-粉砂岩。渤海湾区孔店组二段沙河街组三段即为此类沉积,分别厚 400~500 m,最厚可达 1500 m,是渤海湾区最好最主要的生油岩系。

(3) 收敛期

裂谷短暂间歇,裂陷的速度较沙三段时期变小,湖盆范围明显缩小变浅。局部地区出现沉积间断或局部不整合,粗碎屑比较发育,为一套以砂岩、砂砾岩为主夹少量灰色泥岩沉积。渤海湾区沙二段和孔店组一段即为此类沉积,分别厚 400~1700 m。孔一段顶部有一套膏盐沉积,形成较好的盖层。这两套地层是黄骅亚箕状断陷区最主要的储油岩系。

(4) 扩张期

沙一段裂谷再度发展下陷,湖盆再度扩大变深,但发育的规模和时间远比深陷期逊色。形成一套浅湖—半深湖相的灰色泥岩褐灰色油页岩及生物灰岩,鲕状粒屑灰岩及薄层砂岩,厚 450~1500 m,亦是较好的生储油岩系。

(5) 退缩期

东营组沉积时,裂谷逐渐退缩,湖盆缩小,形成一套砂、泥岩间互层,厚 120~1400 m,在渤中最厚可达 4200 m 亦可形成较好的生储油岩系。渤中断陷蓬莱 19-3Ng 6 亿 t 的大油田的发现是最好的例证。

东营组末期,裂谷结束断陷性质,顶部遭到了明显的剥蚀,经历了短时间的准平原化过程。

(6) 夭亡期

由于新近纪时,太平洋板块向欧亚大陆俯冲倾角加大,由古近纪拉张构造环境转为新近纪挤压环境,从而裂谷消亡,形成坳陷式的统一沉积盆地馆陶(Ng)—明化镇(Nm)组与东营组呈角度不整合接触。形成一套巨厚的平原—河流相砾岩、砂岩为主的粗碎屑沉积夹少量泥岩,厚 1000~2500 m。渤中坳陷最厚 5000 m,亦为主要的储油层。

以上几个不同的演化阶段,不同时代地质构造相互叠置,反映了华北盆地并非统一的地质实体,而是经历了三期断坳发展阶段(中新元古界的断、古生界至三叠系的坳,侏罗—下白垩的断、上白垩的坳,古近纪的断、新近纪的坳),形成具有不同时代构造特点,不同范围的多旋回^[4]断坳结构叠合的含油气盆地。

从上述几个方面:对地震地质剖面结构分析和盆地构造演化规律的探讨,可见本区不仅是古近—新近纪形成的大油气田,而且也是自中新元古代以来,由于地壳的多旋回运动,多次发生构造沉积演变,构成了多套生储盖组合、多领域、多种圈闭类型的油气藏。从前古近系的中生界到中新元古界,各断陷—坳陷结构的盆地都有可能形成油气藏的地质条件。

3 多旋回构造层断坳结构形成的动力学

3.1 断坳结构形成的动力学

板块运动控制着盆地构造的演化,盆地的断坳

结构又反映板块运动的样式。盆地的演化受多期构造运动的影响,早期盆地的构造形迹受后期构造运动的破坏而被肢解,保存不全,仅有晚期的盆地结构形迹在人工地震剖面上清晰可见。所以用晚期地质形迹来研究盆地演化及其动力学是较为客观的。

目前,从地震大剖面识别,大体上有两种构造形迹:一种为“箕状断陷”、“断陷”,另一种为拗陷。“箕状断陷”、“断陷”是拉张的产物,因为沉积盆地中央大体上都有古隆起的存在。

由于盆地中央古隆起的抬升致使两侧产生拉张应力,在地壳强度最薄弱地带(古断裂)被拉开而导致两侧基底断块的翘倾运动。断块的翘倾运动是以中央古隆起脊线为中轴,以其被拉开的箕状断陷的边界断裂沿倾向的距离为半径,向深部作下滑活动^④(图 17)。当翘倾运动初期,中央古隆起还未遭到剥蚀时,中央古隆起至箕状断陷的边界断裂的总距离(L)变化很小(图 17-A)。

$$\text{即 } L_1+L_2+L_3+L_4+L_5+L_6 \approx L$$

$L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6$ 为各断陷基底的宽度。

H 很小 ≈ 0 , 因翘倾断块倾角 α 很小 ≈ 0 。当翘倾运动逐渐加强,出现断陷时, H 随即加大(图 17-B), 即 $H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6 = H$ 。

$H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6$ 为各断陷的水平断距, H 为边界断裂的总水平断距(拉开的总水平位移)。

$$\text{故 } H = L - (L_1 \cos \alpha_1 + L_2 \cos \alpha_2 + L_3 \cos \alpha_3 +$$

$$L_4 \cos \alpha_4 + L_5 \cos \alpha_5 + L_6 \cos \alpha_6)$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ 为各翘倾断块的倾角。

当中央古隆起不断地抬升, 两侧的翘倾断块不断地上翘, 从而造成古隆起和翘倾断块上翘端不断的被剥蚀, 致使翘倾断块顺倾向表面宽度(L)不断减小, 而翘倾断块的倾角则不断加大(图 17)。

当翘倾断块倾没端不断的沿着 1/4 椭圆曲面轨迹被拉开, 必然形成上陡下缓, 凹面朝上、水平断距(H)不断加大的箕状断陷的边界断裂, 故箕状断陷盆地的拉张量的加大并没有使地壳长度(L)增长, 而是由于古隆起相对抬升的结果。

以上所论证的是箕状断陷形成的直接原因。至于古隆起的抬升, 各学派尚有不同的认识, 笔者认为古隆起一般多分布在古陆核部位, 而古陆核往往经过古地槽的褶皱而形成硅铝层比较发育的山根(图 18), 在新地槽或新板块向古陆或古地台俯冲使得软流圈以上的岩石圈转变为区域拉张而松动, 软流圈有保持球面均衡作用的特性, 使比较轻的硅铝山根向上漂浮, 即形成古隆起。由于古隆起的边抬升、边剥蚀, 在其两侧边拉张、边沉降、边沉积形成断超方向指向古隆起的单边地堑式的箕状断陷。其典型实例为渤海湾—苏北盆地断拗结构的形成与演化(图 20)。当太平洋板块于古近纪向中国大陆和大陆架俯冲, 开始俯冲倾角较小, 使中国大陆岩石圈松动, 从而泰山根部位向上漂移形成古隆起, 由于泰

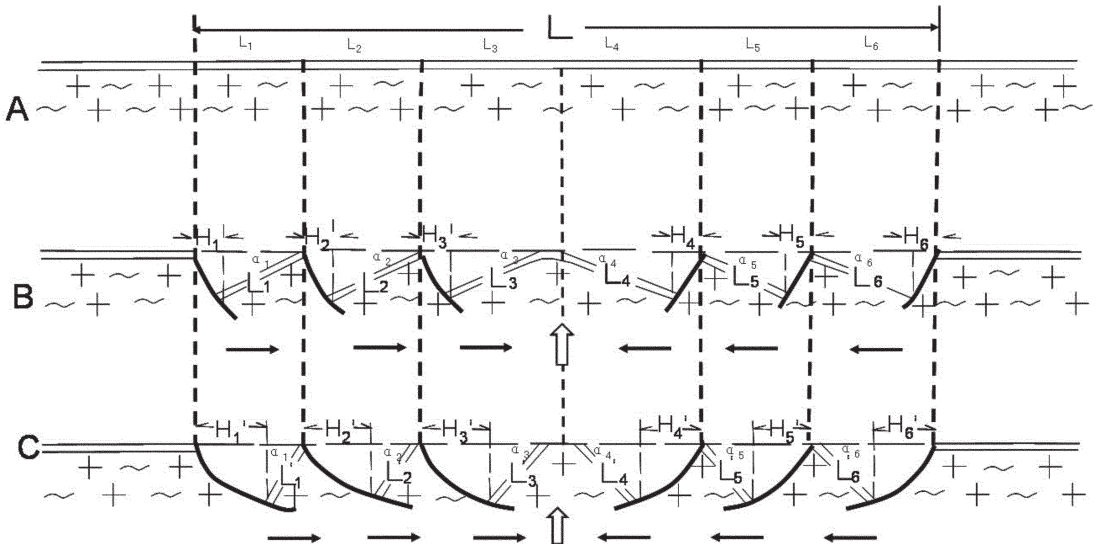


图 17 箕状断陷形成机理图解

Fig.17 Diagram of the formation mechanism of the listric fault depression

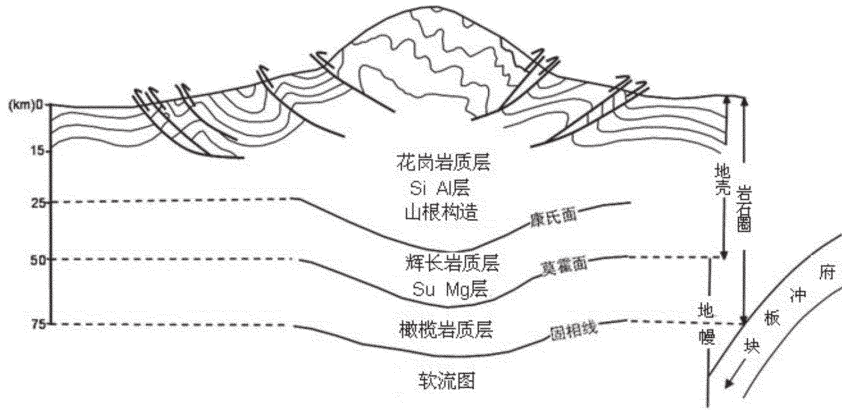


图 18 山根构造模式图

Fig.8 Tectonic model of the mountain root

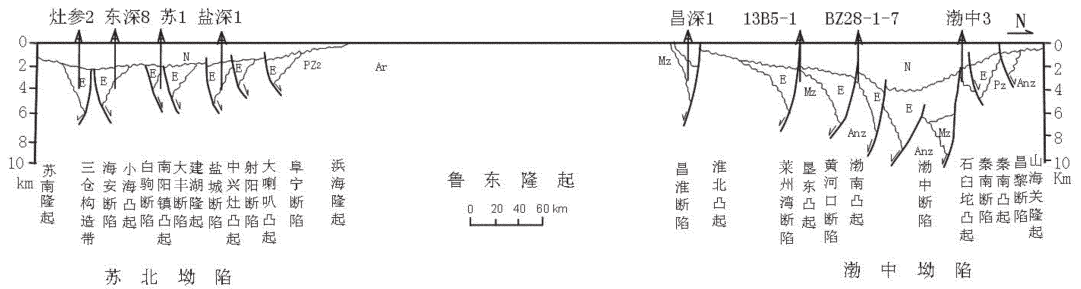


图 19 苏北拗陷—渤中拗陷地质剖面图

Fig.19 Geological section of the Subei depression-central Bohai depression

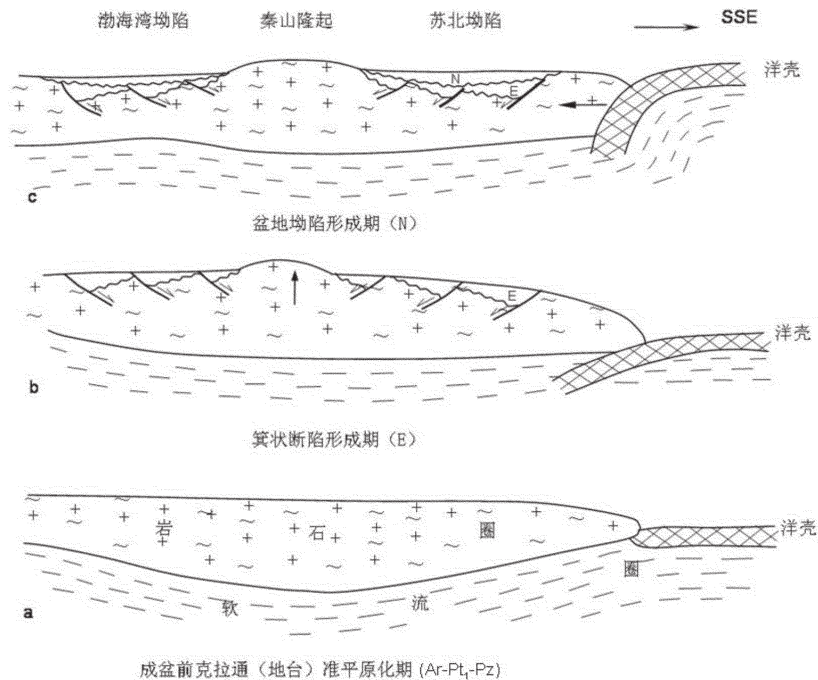


图 20 渤海湾—苏北盆地断拗结构形成与演化期示意图

Fig.20 Diagram of the formation and evolutionary stages of the faulting and downwarping structure of the Bohai Gulf-Subei basin

山隆起的边抬升、边剥蚀,在其两侧地壳强度最薄弱地区(古断裂)被拉开,形成渤海湾—苏北断超方向指向泰山隆起的箕状断陷。挤压期的坳陷式的沉积盆也以渤海湾—苏北盆地为例,新近纪,由于太平洋板块向中国大陆俯冲的倾角加大,造成地壳上部产生挤压应力场,形成了箕状断陷之上所覆盖的苏北坳陷与渤海湾坳陷。

3.2 多旋回先张后压的动力学^[6]

华北盆地大体上是三层断坳结构叠合盆地。重建中—新元古代箕状断陷与古生代—三叠纪坳陷形成的动力学更有推断性质,因两亿年前的古大洋已荡然无存,必须转向大陆地质学。面对大陆地质的老构造层,勘探地震往往得不到完整的信息,因为它是漫长时期各种构造事件复杂结合的结果,所以重建前中生界古大地构造层的动力学环境是一项特别艰难的地质任务。

追溯中新元古代—三叠纪演化动力学,要运用将今论古的法则。但较早期的地质动力学与晚期相比,可能有着重要的区别,这样现实主义的动力学模式可能仅仅是部分正确的,但它毕竟是认识过去的基本法则。谨慎地运用晚近地质期的动力学,可作为探讨前中生代地壳构造动力学的起点。

3.2.1 中新元古代—三叠纪断坳结构形成的动力学

中新元古代,在太行—五台—雁北地区广泛发育了基性岩墙群^[4],它标志着中亚—蒙古大板块向着 SSE 方向俯冲致使冀辽断陷走向为 NEE 方向(图 5~6)。华北克拉通南缘,火成岩和变质岩等资料表明,在元古宙时期曾受古海洋板块朝 NNE 向的俯冲作用,豫淮箕状断陷的形成也说明了这一地质作用。华北克拉通受南北两侧俯冲的影响,早期板块俯冲倾角较小,岩石圈受拉张而松动,古内黄隆起因“山根”向上漂浮而抬升,与古近纪时的箕状断陷形成机制相似。

华北克拉通(地台)南北缘大洋板块俯冲倾角加大,至三叠纪,南北大洋与华北克拉通碰撞从而形成古生界—三叠系坳隆相间的构造层。

3.2.2 侏罗—白垩纪断坳结构形成的动力学

关于华北盆地侏罗—白垩系地质结构的认识,有多种意见,其中李德生院士^[7]认为,下侏罗统门头沟组为断陷期沉积,厚 1750 m,岩性为砂岩、页岩、砾岩夹煤层,底部为玄武岩;中上侏罗统九龙山组、髫髻山组、后城组、张家口组、九佛堂组和阜新组为

坳陷期沉积,厚达 8 000~10 000 m,岩性为火山碎屑岩、集块岩、页岩、砂岩、砾岩、凝灰岩夹油页岩和煤层;下白垩统青山组为断陷期沉积,厚 1 200~5 400 m,岩性为凝灰岩、安山集块岩、安山岩、玄武岩、凝灰质砂砾岩和粉砂岩;上白垩统王氏组为坳陷期沉积,厚 2 000~4 360 m,岩性为砂岩、砾岩、粉砂岩和页岩,这些中生界构造层以东北走向为主,叠置在以东西走向为主的古生界构造层之上。但根据华北盆地中生界最发育的临清坳陷<421>地震大剖面(图 4)展示,侏罗—白垩纪为褶皱充填期,不能完整地展示第二个“断—坳”旋回。仅在周口坳陷颜集断陷地震剖面上见未被钻井所证实的“J 断、K 坳”结构。J—K 系的构造层,另据中国地质大学王德发教授在山东野外观察,侏罗系为断陷构造层,而白垩系为坳陷构造层。华北地台为受库拉板块 NNW 向俯冲运动影响的结果^[6]。

3.2.3 古近—新近纪断坳结构形成的动力学

笔者前 3.1 已做了详细的分析,这里也不再赘述。

综上所述,华北盆地构造演化表现为手风琴式演化史,大体上在地震剖面显示有三层“断—坳”结构:(1)中—新元古代的“断”、古生代至三叠纪的“坳”;(2)侏罗纪的“断”、晚白垩世的“坳”;(3)古近纪的“断”、新近纪的“坳”。断陷与坳陷分别由拉张与挤压应力场所致,这种应力场的变化是由相邻洋壳板块俯冲倾角由小到大变化所引起的。华北盆地中新元古代的“断”、古生代至三叠纪的“坳”,中亚蒙古大洋和秦祁昆大洋板块活动是其演化的动力学基础。侏罗纪至早白垩世的“断”、晚白垩世的“坳”和古近纪的“断”、新近纪的“坳”,库拉、太平洋板块两个阶段的活动是其演化的动力学成因。

参考文献(References):

- [1] 韦正金,张福水,黄凤珍.华北盆地区域地震剖面的地质解释及其构造演化特征[J].石油实验地质,1986,8(3):242-251.
Wei Zhengjin, Zhang Fushui, Huang Fengzhen. Geological interpretation and the characteristics of tectonic evolution on regional seismic profile in Northern China basin [J]. Petroleum Experiment, 1986, 8 (3):242-251(in Chinese).
- [2] 郝石生,张长根.华北北部中上元古界原生油气藏特征[C]//翟光明.北京石油地质会议报告论文.北京:石油工业出版社,1989:266-288.
Hao Shisheng, Zhang Changgen. The character of primary hydrocarbon reservoir developed in Upper and Middle Proterozoic

- in the north of the northern China [C]//Zhai Guangming (ed.). Memoir of Petroleum Geology Conference in Beijing, Beijing: Petroleum Industry Press, 1989:266-288(in Chinese).
- [3] 郑长明, 薛世荣, 田克勤, 黄骅裂谷盆地石油地质特征与油气分布规律[C]//中国油气聚集与分布编委会. 中国油气聚集与分布, 油气资源评价研究丛书之 5. 北京:石油工业出版社, 1991:73-88.
Zheng Changming, Xue Shirong, Tian Keqin. Petroleum geological character and petroleum distribution regularity in Huanghua rift basin [C]//Edition Committee on Petroleum Accumulation and Distribution in China (ed.). Petroleum Accumulation and Distribution in China, Memoir 5, Petroleum Resource Assessment. Beijing:Petroleum Industrial Press, 1991:73-88(in Chinese).
- [4] 金性春. 板块构造学基础[M]. 上海:科学技术出版社, 1984:234-254.
Jin Xingchun. Basis of Plate Tectonics [M]. Shanghai:Science and Technology Press, 1984:234-254(in Chinese).
- [5] 杨克绳. 中国中生代沉积盆地箕状断陷类型、形成机理及含油性[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(2):144-155.
Yang Kesheng. Type, generation mechanism, and oil potential of half-garben in Meso-Cenozoic sedimentary basin in China [J]. Oil and Gas Geology, 1990, 11 (2):144-155 (in Chinese with English abstract).
- [6] 杨克绳. 中国东部盆地演化及断块(圈闭)油气藏 [J]. 海相油气地质, 1998, 3(3):36-46.
Yang Kesheng. Tectonic evolution dynamics and fault block hydrocarbon reservoir in the east, central, and west of China derived from seismic data [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 1998, 3 (3): 36-46(in Chinese with English abstract).
- [7] 李德生. 渤海湾含油气盆地的地质和构造特征[J]. 石油学报, 1980, 1(1):6-19.
Li Desheng. Geology and structural characteristics of Bohai Bay, China[J]. Acta Petrolei Sinica, 1980, 1(1):6-19.
- [8] 任纪舜, 等. 从全球看中国大地构造-中国及邻区大地构造图简要说明[M]. 北京:地质出版社, 1997.
Ren Jishun, et al. Take the Tectonics of China as One Part of the Global: Brief Illustration for the Tectonics Map of China and Adjacent Region [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1997 (in Chinese with English abstract).

Geological interpretation of seismic sections and tectonic evolution of the North China basin

DAI Fu-gui¹, LIU Bao-rui², YANG Ke-sheng¹

(1. Geological Research Center, Research Institute of East Geophysics Company, Zhuozhou 072751, Hebei, China;

2. China Petroleum University (East China), Dongying 257061, Shandong, China)

Abstract: The seismic sections show that the development of the North China basin is represented by accordion-style evolution. Generally three-layer "faulted-downwarped" structure formed: (1) Meso- and Neoproterozoic "faulting" and Paleozoic-Triassic "downwarping", (2) Jurassic "faulting" and Upper Cretaceous "downwarping", and (3) Paleogene "faulting" and Neogene "downwarping". Faulting and downwarping resulted from extensional and compressional stress fields respectively. The change in the stress field was caused by the change of the dip angles of subduction of the adjacent oceanic plate from low to high. Due to the polycyclic crustal movements, structural and sedimentary evolution took place several times, forming several source-reservoir-cap associations and several trap types of oil/gas accumulations. Geological conditions of oil/gas accumulations may have formed in various downfaulted-downwarped basins from the Meso- and Neoproterozoic → Paleozoic → Mesozoic → Cenozoic,

Key words: basin evolution; tectonic stress; erosion surface; subduction; seismic section; North China basin

About the first author: DAI Fu-gui, male, born in 1971, engineer, engages in geophysical interpretation; E-mail: support899@126.com.