

中国东部中、新生代主要裂谷盆地的演化及评论

吴振明 刘和甫 汤良杰 高金喜

(武汉地质学院北京研究生部)

中、新生代亚洲大陆发育了一系列裂谷系,中国东部的华夏裂谷系、汾渭裂谷系等都有其独特的表现。裂谷型盆地作为重要的含油气盆地类型,如北海盆地、西西伯利亚盆地以及我国的松辽、渤海湾等盆地已日益显示出具有广阔的含油气远景。裂谷和裂谷盆地的形成与演化是地球内部物质物态变化引起的垂向运动和地壳本身水平运动双重作用的结果。而裂谷盆地的构造、沉积和火山活动等则是这种结果的主要表现。

一、主要裂谷系的展布和基底的控制作用

中国东部的中、新生代裂谷和裂谷系中最为壮观的是华夏裂谷系和汾渭裂谷系,其形成和展布与前裂谷期的基底断裂有密切关系。

1. 华夏裂谷系

在我国境内,它北起松辽,经渤海湾、江汉等盆地向南抵北部湾盆地,总体呈北北东向雁行展布,全长约4000公里,宽约300—400公里,两侧分别为郯庐、紫荆关断裂及其可能的延伸带所夹持。这一巨型裂谷系横切中国东部的地台和褶皱带等不同性质的构造单元而自成独立的构造系统。

松辽盆地为海西期基底,裂谷始于侏罗纪终于白垩纪,主要为一个裂陷旋回;渤海湾盆地为前震旦亚界基底,裂谷始于侏罗纪,终于老第三纪末,发育两个裂陷旋回:第一个裂陷旋回结束于燕山运动晚幕使侏罗、白垩系及其以前的沉积形成北东—北北东向的褶皱和压性—压扭性断裂;新生代早期应力场从北西—南东向的挤压转为拉张,开始了第二个裂陷旋回。江汉盆地和北部湾盆地分别为前寒武系和前泥盆系加里东基底,裂谷都始于白垩纪,盛于老第三纪而终于新第三纪,以一个裂陷旋回为其特点。

在该裂谷系中新世代沉积厚度都在5000—8000米,甚至上万米,是重要的含油气层系。与华夏裂谷系展布区相对应的地壳为明显的上隆减薄带,厚度在29—35公里之间,向两侧明显变厚。强烈的火山作用、高热流值和高地温梯度等都有明显的表现。

卫片解释的线性构造统计分析表明(图1a),断裂最发育的方位是北北东向 20° —

40°, 也是该裂谷系和所属的各裂谷盆地发育的优选方位。北东东和北西方向的断裂居次要地位。渤海湾盆地中, 沧县隆起以东 (图1b) 后两组断裂也相对发育, 其基底断裂系统与鲁西一带的构造方位相一致; 隆起以西 (图1c) 仍主要为北北东向, 与太行山主构造线方向相一致。明显地反映了先存构造对裂谷构造方向和内部结构的控制作用。

构造型式主要为垒一堑式、箕状断陷及其组合型式。其结构特点、巨大的沉积厚度和强烈的火山活动等都说说明该裂谷系是在拉张应力条件下形成的。

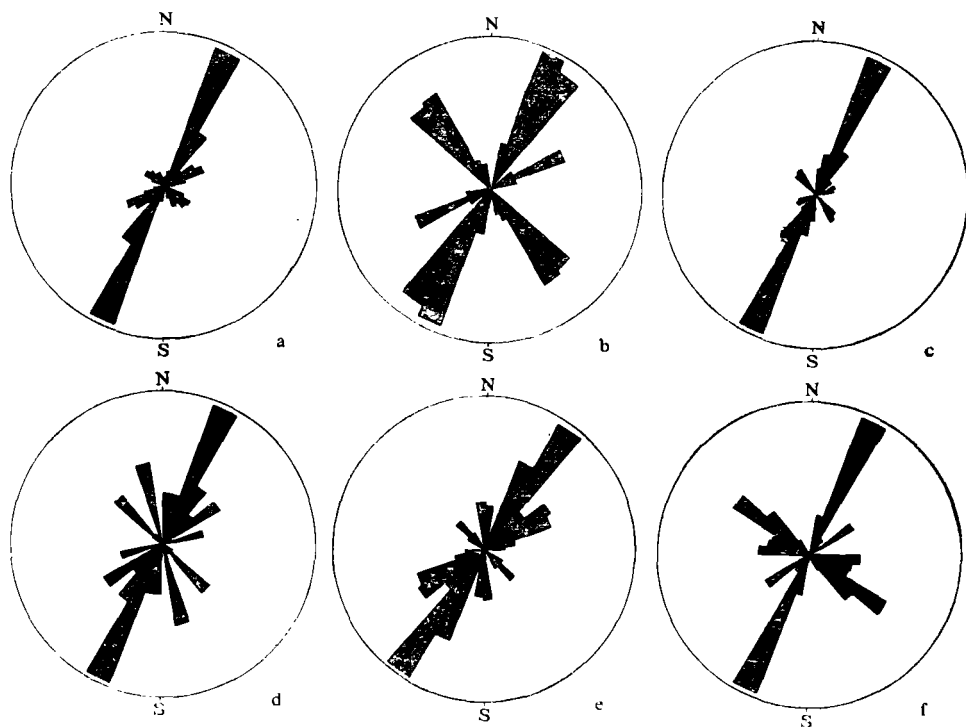


图1 华夏、汾渭裂谷系基底断裂走向玫瑰花图

a. 松辽, b. c. 渤海湾东西, d. 汾渭, e. 泌阳, f. 江汉

2. 汾渭裂谷系

汾渭裂谷系呈北北东向“S”形展布, 由一系列新生代箕状断陷雁列而成。从晋北至渭河延伸达千余公里。在渭河断陷中有老第三纪沉积, 向东北可能延入运城断陷, 中新统沉积仅逾其北, 上新统沉积始遍及裂谷系的各个断陷中。裂谷系是从南向北先后发展的, 南部新生界厚6000—7000米, 北部约2000—3000米。北部有上新世—第四纪早期的基性火山喷发。根据卫片线性断裂统计分析 (图1a), 裂谷系主要受北北东 (20°—40°) 和北东东 (50°—70°) 方向的两组断裂控制, 但前者强度较大。此外尚有不太发育的近南北向和北西西向两组断裂。这些先存的构造形迹不仅控制了裂谷系的形成和展布, 而且控制着边界断裂的方向和现代的地震活动。汾渭新生代裂谷系是在燕山运动晚期形成的北北东向褶皱和压扭性断裂构造背景上发展起来的。前期应力场为南北向反扭, 而新

生代裂谷盆地的右行羽列及断裂的张扭性质反映了应力场的反向变化及其与裂谷系形成之间的关系。

3. 台东裂谷

如果不强调裂谷的拉张成因,那么在裂谷的类型中还可以有由逆地堑构成的对冲裂谷和走滑裂谷,如台东裂谷亦即著名的台东大拗谷(图2)。它与北东走向的中央山脉平行延伸,以前被认为是对冲式裂谷,后来的研究认为主断层具有较大的走滑分量,故又称走滑裂谷。

在东北的东南部,抚顺—敦化—密山和依兰—伊通新生代裂谷带也有类似的逆地堑构造。组成逆地堑的地层主要是侏罗系、白垩系,还有老第三系。可能本区在早第三纪末至少有局部的压扭性应力场。



图2 台东裂谷构造简图

综观上述,中国东部的中、新生代裂谷系可分为中生代和新生代两个主裂陷旋回,其中又有次级旋回,它们共同控制着裂谷盆地的初生、演化和终结全过程中沉积、构造和火山作用的总特征。主裂陷旋回的结束总是伴随着一定强度的压性和压扭性褶皱和断裂,而一个主裂陷旋回的开始又总是伴随着压性和压扭性应力场反向转化为张性和扭张性应力场。应力场的交替转化是由北北东向主控断层相应发展而来。它与先期的断裂组成断裂网格和断块,控制盆地内部的构造结构和沉积变化。在裂谷盆地周边地区可看到前裂谷期的或主裂陷旋回开始前的逆—逆掩断层,向着背离盆地的方向冲掩,它们与裂陷期的正断层并存或正断层利用前期逆断而产生先逆后正的构造特点。这种现象在渤海湾盆地和汾渭裂谷系的周边地带多有所表现,也是应力场转化的一种佐证(图3)

始又总是伴随着压性和压扭性应力场反向转化为张性和扭张性应力场。应力场的交替转化是由北北东向主控断层相应发展而来。它与先期的断裂组成断裂网格和断块,控制盆地内部的构造结构和沉积变化。在裂谷盆地周边地区可看到前裂谷期的或主裂陷旋回开始前的逆—逆掩断层,向着背离盆地的方向冲掩,它们与裂陷期的正断层并存或正断层利用前期逆断而产生先逆后正的构造特点。这种现象在渤海湾盆地和汾渭裂谷系的周边地带多有所表现,也是应力场转化的一种佐证(图3)

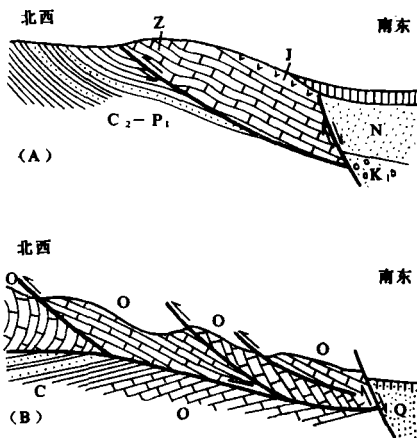


图3 (A) 华夏裂谷系西北缘构造剖面
(B) 汾渭裂谷系西北缘构造剖面

二、中国东部裂谷盆地的结构样式

裂谷盆地在剖面上的结构样式与其基底的性质、断裂特点和沉积的差异等因素有关,且随着裂谷的演化愈变得复杂。概括起来有以下样式(图4)。

1. 垒—堑断块结构

由楔状断块的差异沉降所构成,常从单一的地堑或半地堑开始,随着阶状断层的逐

步产生和发展而成一系列垒、堑相间的结构。如松辽盆地、下辽河拗陷（图5）。在一

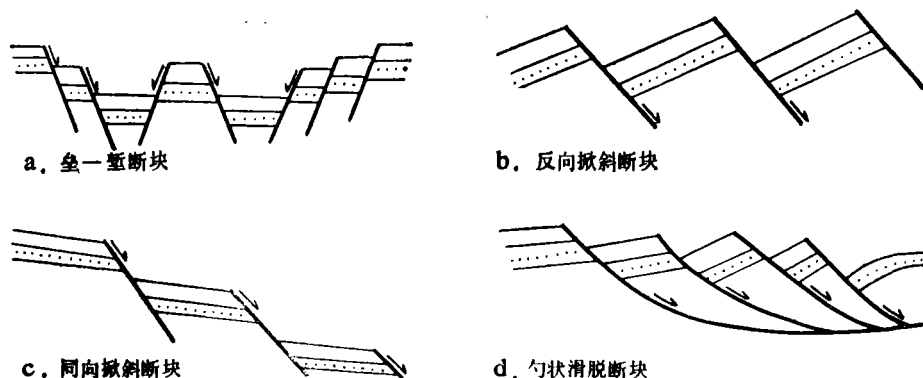


图4 裂谷盆地剖面结构模式图

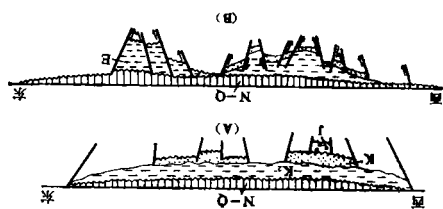


图5 松辽盆地（A）和下辽河拗陷（B）横剖面图

些狭长的盆地或拗陷中多为一垒两堑结构，如东濮拗陷。垒—堑结构在空间和时间上是有变化的，如下辽河拗陷的西南端主要为一垒两堑（大型的），而向东北则为多个垒、堑相间。单一断陷的后期分割也可形成上部层位的垒—堑结构。但是，若起分割作用的断层是在有关的生油层达到门限深度和石油运移之前产生的，则将影响与油源隔绝地区的

远景；若是在结束运移之后产生的则无影响。故应从构造发展的角度去分析垒—堑结构。

2. 掀斜断块结构

指一组基底断块由于裂谷的扩展和区域性沉降使之协同掀斜转动产生的断块结构型式，同时形成组合箕状断陷。按断块与地层倾向间的关系可分为反向掀斜结构和同向掀斜结构（图4）。渤海湾盆地诸凹陷和江汉盆地的江陵凹陷等都有很好的例子（图6）。在裂谷盆地发展过程中，沉积负荷不断增加产生重力断层；随着相变带向盆地迁移，形成一组与地层同向的盆倾断层。与下伏基底反向掀斜断块构成双层结构，在上层发育逆牵背斜，下层则为潜山构造，都是良好的圈闭。后者即所谓的坡上山油田。在下辽河的西部凹陷、东营的车镇凹陷、东濮凹陷等地区都有典型的例子（图6）。

3. 勾状滑脱断块

分割断块的断层呈勾状弯曲，一般是上陡下缓，这也是裂谷盆地的一种较普遍的构造模式。随着裂谷盆地的扩展，各勾状滑脱断块变缓的底部逐渐汇成一个统一的滑脱面，断块的不断滑动和掀斜转动使扩展量和沉降量相对增大，盆地随之加宽加深。一般

说,若条件类似,平直断块的扩展量大于勾状断块,但由于勾状断块的上陡下缓及其易于失稳性而容易滑动和下沉,有较大的沉降量。根据震源深度和深部探测,平均大致在4—6公里、16—20公里的深度有这种统一的滑脱面。前者为新生代裂谷期前的侵蚀面,后者可能为上地壳底部的滑脱面。

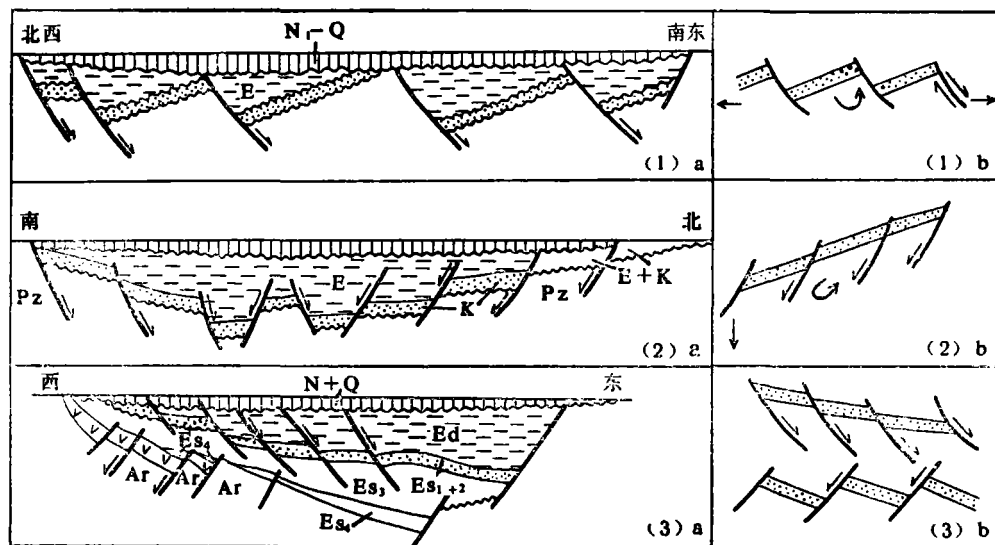


图6 断陷盆地掀斜断块结构特征

(据石油部资料编)

- | | |
|------------|-------------|
| (1)a-渤海湾盆地 | (1)b-反向旋转断块 |
| (2)a-江陵凹陷 | (2)b-同向旋转断块 |
| (3)a-下辽河拗陷 | (3)b-双层结构 |

以上各种结构样式可单独存在或以更复杂的组合型式存在。在不同型式不同倾向断块组合结构的形成中,勾状断块似可起协调作用。

三、裂谷盆地的构造演化及动力学环境

1. 裂谷盆地演化过程中的扩展、沉降机制

地幔上涌、板块俯冲引起的蠕动、地球自转及自转速度的变化等可为裂谷盆地的扩展提供拉张应力环境。异常地幔的冷缩、下地壳的韧性颈缩、上地壳的构造滑移和沉积负荷等又可为裂谷盆地的沉降提供必要的空间。裂谷盆地的巨厚沉积和分割断陷的终归、一统都要求地壳有相应规模的扩展和相应幅度的沉降。寻求上述现象的机理是必要的。裂谷盆地的各个凹陷中,第三系的最大厚度惊人地相似或都在一定范围内变化。这可能是由于一系列基底断块沿着某统一滑动面协同滑动时,上面断陷的沉降都是相对该统一滑动面而言。沉降幅度的差异与该滑动面的起伏、断块本身的型式和大小等有关。沉积物的厚度则视物源区的情况。据简单的模拟实验和计算,一个在倾向方向约25公里宽

的断块，若其倾角转动 5° （即变缓 5° ），其相对扩展量约为0.29公里，扩展率为3.7%，相对沉降量约为2.2公里。如果转动 15° ，则相应值为3.6公里、14.7%、6.5公里。可见断块掀斜的本身即可提供足够的沉降幅度和扩展量满足断陷（尤其箕状断陷）发展的要求。断块协同滑动的同时既有横向上的扩展、断块间形成的相对沉降又有断块系的总体沉降。但是在裂谷期前，地壳已是破碎的网状断块，它对统一的拉张应力场而言，其扩张强度已等于零。因此，要使断块组实现有效的协同滑动需要剪切力或与断块倾向相反的推挤力或沿断块底部统一滑动面在韧性剪切或拉张应力下滑移，即所谓基底滑移。

可用断块、地层倾角关系计算扩展量（表1）。在考虑补偿和其它影响因素的前提下，用沉积厚度和相应绝对年龄近似地计算沉积速率，并以此代替沉降速率。图9为几个盆地的计算结果。随时间的推移，沉降速率由强而渐弱，裂谷由裂陷性质转向区域下沉。

断层倾角、地层倾角变化与相对扩展量之间的关系

表1

地层倾角 断层倾角 扩张%	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	97	188	270	341	399	441	467	476	
20	0	46	88	124	153	175	188	192		
30	0	29	53	73	88	97	100			
40	0	19	35	46	53	56				
50	0	13	23	29	31					
60	0	9	14	15						
70	0	5	6							
80	0	2								
90	0									

2. 东部裂谷盆地演化的阶段性及其特点

中国东部的裂谷盆地所处的构造位置、地质条件、发育时间等都不尽相同，但却有类似的成因机制和演化过程。以华夏裂谷系新生代裂谷盆地为例，可分为五个演化阶段。

（1）弯曲和破裂阶段 在地幔热体制和地壳水平运动共同作用下，莫霍面上隆地壳减薄，在中生代早期北东向构造线基础上又产生强大的北北东向构造线。燕山运动晚幕表现为北西西——南东东向的挤压和南北向的反扭。新生代裂陷旋回开始前表现为应力场的反演，压扭性破裂转为扭张性，断块运动和火山作用开始。

(2) 裂陷初始阶段 在拉张应力作用(不仅是拉张作用)断块开始滑动、掀斜, 盆岭构造萌现, 初生地堑或半地堑产生。如果是在前期准平原化的微弱反差地形上发展起来的, 则断陷内的沉积从细粒级开始。从渤海湾盆地孔店组底部沉积来看, 地形仍有一定的起伏, 在盆地边缘差异更大。

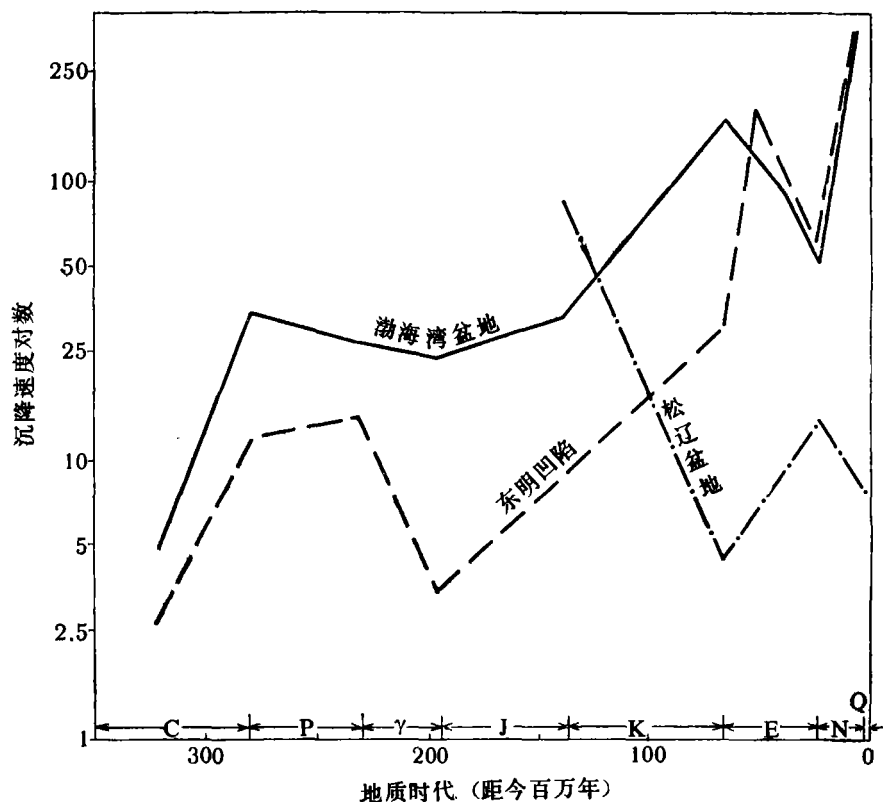


图7 盆地沉降速率曲线图

(3) 裂陷发展阶段 沉降速度的总趋势是由快变慢, 但有交替变化。沉陷幅度加大, 沉积增厚。早期以补偿性沉积为主, 后来则为补偿与非补偿性沉积不均一交替发展, 形成相应的储集层系和生油层系。总的说来以补偿沉积为主, 从而能形成数千千米的老第三系。如渤海湾盆地的孔店组和沙河街组。上述沉积变化反映了断块掀斜转动的间歇性发展和构造运动的强弱交替。由于断块的累积掀斜, 相应为断层倾角变缓, 同时沉积不断加厚, 促使勾状断层和逆牵引构造形成, 并因重力下滑作用派生出水平挤压背斜。实验表明, 逆牵引构造多产生于扩展进行阶段且与缓断层和勾状断层关系密切, 而挤压背斜多产生于扩展间歇期。在适宜条件下可有底辟构造形成。本阶段为盆-岭构造成熟期。

(4) 裂陷减缓期 对整个盆地而言扩展在继续, 而沉降则是在分割断陷已被基本填满的基础上进行的。渤海湾盆地的东营组相当于此阶段, 东营组沉积后使部分分割的断陷统一, 但大型隆起和凸起仍起着分割作用。

(5) 裂陷趋于中止阶段 在渤海湾盆地的表现是新第三系普遍发育, 分割的凹陷最终统一起来, 盆-岭结构完全消失。总的看来新第三纪为整体坳陷, 但早期的沉降仍然是裂陷在起作用。因为在渤海湾盆地中仍普遍看到主断层两侧新第三系的厚度差别。埕县凹陷西侧等地区尤为明显, 说明断层的同生性仍存在。所谓区域坳陷也是断块协同掀斜转动后期总体沉降沉积统一的必然结果, 当然也并非排斥盆地有总体的绝对沉降。如果说断块掀斜总体沉降是对某一滑动面相对而言的话, 应把渤中凹陷的巨大沉降幅度视为绝对沉降幅度。它控制着晚第三纪尤其是其后期的区域沉降和普遍沉积。这一阶段的意义在于沉积进一步加厚并全面覆盖, 有利于有机物的充分转化、油气成熟和保存。

对单一的断陷盆地而言, 上述各发展阶段也类似。巨厚的沉积、补偿性质的交替以及沉积与构造演化阶段的有利配合是小型凹陷富含油气的先决条件。泌阳凹陷是典型的例子。

3. 裂谷系发育的动力学环境 中国东部大陆裂谷系的出现是有关板块相互作用的结果; 是亚洲大陆板内变形的重要方面; 是造山运动和裂陷运动对立统一的产物。按Burke的分类, 我国东部有三种在不同动力条件下产生的裂谷系: (1) 大陆解体裂谷系, 主要与张扭性断裂的活动有关, 大陆在张裂作用下解体。如郯庐、紫荆关等断裂控制下的华夏裂谷系; (2) 碰撞裂谷系, 与板块的碰撞带形成有关。如贝加尔裂谷系和汾渭裂谷系, 它们与阿尔卑斯-喜马拉雅碰撞山系近于垂直, 形成时间也相近; (3) 聚合边缘裂谷系, 沿岛弧、火山带发育, 如台东裂谷。后两种裂谷系反映了裂陷运动与造山运动的关系, 而大陆解体裂谷系则与板内长期变形有关, 剪切和重力作用相应在水平和垂向上调节这种变形。因此, 造山、裂陷、剪切和重力作用的配合控制了东部裂谷系的发育。

四、东部裂谷型含油气盆地的比较

裂谷系中各盆地的含油气程度有明显的差别, 这与其所处的区域构造位置和具体条件有关。以第三纪盆地为例作简单讨论。

1. 北北东向主断裂控制的盆地有利于形成高远景的盆地。它与北西—南东向的应力近于正交, 无论对拉张还是挤压应力的有效反应都优于其它方向的断裂, 易于形成大的沉降幅度和沉积厚度, 同时也能有效地反应总裂陷趋势下构造强度和应力性质的短暂交替, 从而形成沉积的韵律变化和有利的生、储、盖垂向组合, 有利的同沉积构造和同构造沉积以及相应的圈闭。如松辽、渤海湾盆地。

2. 位于裂谷系与纬向负向构造带叠合位置的沉积盆地是有利的。如渤海、江汉、北部湾盆地, 而松辽盆地则是裂谷系与海西褶皱带的复向斜叠合。负向构造的叠合具双重的沉降作用, 沉积厚, 在时间和空间上远景广阔。

3. 华夏裂谷系与正向构造带叠加部位的沉积盆地或凹陷一般较上述者差, 如华夏裂谷系与秦岭纬向带潜伏的北支相叠合的部位。如果有北北东向主断层与其它方向的断层联合控制的盆地或凹陷则是比较好的, 如南阳、泌阳、中牟凹陷等。

4. 裂谷盆地发育程度的差别与其含油气远景也有重要关系, 或称之为含油气盆地的成熟度。它包括足够的沉积厚度、有机物丰度、烃类转化程度等等。汾渭盆地可能就是这种情况, 老第三系发育不充分, 新第三系又不成熟且有机物丰度和转化程度也较差。在燕山和大兴安岭等隆起带上有许多煤盆地, 从含油气盆地的角度来说也都是发育不完善的。

总之, 在裂谷型盆地的有利条件下, 还必须考虑区域背景条件以确定盆地的远景, 而裂谷盆地内部的发展历史则与油气的生成、油气藏的形成和分布关系密切。

(收稿日期: 1984年3月14日)

参 考 文 献

- [1] 马杏垣、刘和甫等, 中国东部中生代裂陷作用和伸展构造, 地质学报, 第57卷, 第1期, 1983年。
- [2] 王鸿祯、杨森楠等, 中国东部及邻区中、新生代盆地发育及大陆边缘区的构造发展, 地质学报, 第57卷, 第3期, 1983年。
- [3] 朱 夏、陈焕疆等, 中国中、新生代构造与含油气盆地, 地质学报, 第57卷, 第3期, 1983年。
- [4] 孙肇才, 汾渭地堑构造地质特征及成因机制, 中国中生代盆地构造和演化, 科学出版社, 1983年。
- [5] 刘和甫, 石油构造分析, 构造地质学进展, 科学出版社, 1983年。
- [6] 李德生、薛淑浩, 中国东部中、新生代盆地与油气分布, 地质学报, 第57卷, 第3期, 1983年。
- [7] 陈焕疆, 中国大陆板块构造和盆地演化, 中国中生代盆地构造和演化, 科学出版社, 1983年。
- [8] 张文佑、李荫槐等, 地堑形成的力学机制, 地质科学, 1期, 1981年。
- [9] 杨继良, 松辽盆地构造发育特征与大型构造油田的关系, 第二届全国构造地质学术会议论文集, 第三卷, 中生代构造, 科学出版社, 1983年。
- [10] 陈发景等, 关于我国东部第三纪含油气盆地形成问题的初步探讨, 第二届全国构造地质学术会议论文集, 第三卷, 中生代构造, 1982年。
- [11] 黄汲清、任纪舜, 关于大地构造研究的几个重要问题, 构造地质学进展, 科学出版社, 1982年。
- [12] 童崇光, 中国东部裂谷系盆地的石油地质特征, 石油学报, 第1卷, 第4期, 1980年。
- [13] 韩德馨、杨起, 中国煤田地质学(下册), 煤炭工业出版社, 1980年。
- [14] Burke K., 1980, Intra-continental Rifts and Aulacogens, in "Continental Tectonics", National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- [15] Sherman S. I., 1978, Faults of the Baital Rift zone, Tectonophysics, 45, 31-39.

EVALUATION AND EVOLUTION OF THE MAJOR RIFT VALLEY OF MESO-CENOZOIC IN EASTERN CHINA

Wu Zhenming

Liu Hequ

Tang Liangjie

Gao Jingxi

(Beijing Graduate School, Wuhan College of Geology)

Abstract

The main rift systems developed in Eastern China are Huaxia rift system, Fengwei rift system and Taidong rift system et al. Take Huaxia rift system as a typical example of continental rift evolution, which can be divided into four stages: dome and fracture stage, Spreading stage, regional depression and depauperization stage, along with the evolution of rift valley there were mainly five types of structures: horst and graben fault (or basin and range structure), antithetic tilted fault block, symthetic tilted fault-block, step slip fault.

Generally, the types of rift valleys are related to taphrogenic movement and orogeny, e.g. (1) impactogenic rift (Fengwei rift system) is related to arch trace; (2) convergent marginal rift (Taidong rift system) is related to oblique convergency (3) continental fracturing rift (Huaxia rift system) is related to tensional shear fracture. Thus, the development of eastern rift system was controlled by the combination of taphrogeny, orogeny, shearing, and gravity, while basal slip might be the dynamic force that caused the extension of rift valley. Rift valley basin is among the type of basin that has very promising prospect.