



江、玉泉、花港、龙井、冲绳等多期的构造运动<sup>2</sup>。雁荡运动和瓯江运动是在盆地裂陷期发生的隆升作用,分别形成了分隔古新统、下始新统瓯江组 and 上始新统平湖组的构造不整合界面。坳陷期的玉泉运动、花港运动和龙井运动分别代表了几期不同程度的挤压反转和隆升作用,形成了 $\overline{\text{瓯}}$ (花港组底)、 $\overline{\text{瓯}}$ (龙井组底)和 $\overline{\text{瓯}}$ (三潭组底)等不整合界面。盆地裂陷期主要为海湾碎屑沉积,而坳陷期主要为滨岸河流、湖泊碎屑岩沉积。中新统末期的龙井运动之后,盆地进入总体回沉阶段,发育了上新统的三潭组和更新统东海群(图 1)。

西湖凹陷从西向东可划分为 3 个构造带,即西部的斜坡断裂带、中央长垣构造带和东部边缘断裂带。它们是由断陷期的张性断裂带经后期挤压反转而形成的,许多断裂深部具有正断层的特点,上部具有逆冲的特点,并伴随有反转背斜等构造形迹。

## 2 西湖凹陷的反转构造类型

根据反转构造的几何学和动力学特征曾划分出简单断展、穿透断展、简单断弯、缩截断弯和简单褶皱等 5 种反转构造类型<sup>[6]</sup>。其中的简单断展型和穿透断展型是 2 种基本的类型,代表了反转强度上 2 个端元。西湖凹陷经历了多期的构造反转,形成多样化的反转构造样式。从反转强度上,区内的反转构造均可划归上述 2 种基本类型。简单断展型是由于构造反转造成断层末端以上的地层上隆,形成扩展背斜构造,反转强度较小;穿透断展型则受到强的反转挤压作用,逆冲断层端部继续扩展,简单断展褶皱最终被断层切割,形成穿透断展型反转构造,反转强度大,反转断裂切透了顶部背斜。从几何形态上,西湖凹陷的反转构造又可划分为以下几种类型,它们不仅在几何形态上存在明显差异,同时与先存断裂样式、反转过程及反转强度有关(图 2):

- (1) 简单后冲反转构造 反转强度小,分支断裂少。上盘早期形成的滚动背斜受到强化,顶部发育简单断展型背斜。上隆幅度小,反转背斜受到的剥蚀较小,属简单断展型反转构造。在凹陷的西斜坡带这种反转构造较为多见(平湖五井的油气圈闭构造属此种类型)。
- (2) 复合“犏”字型反转构造 是沿裂陷期“犏”字型同沉积断裂反转而成的(图 3)。一些反向分支断裂也可能是反转时形成的前冲断裂。沿主断裂上盘的滚动背斜一般被变形改

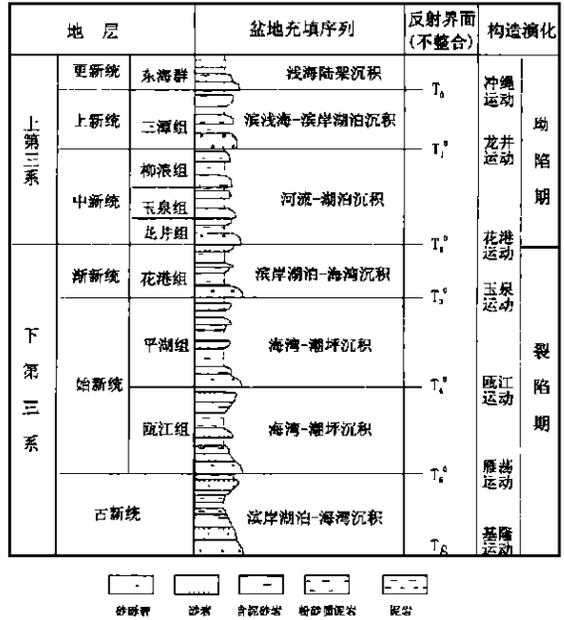


图 1 西湖凹陷沉积构造演化序列

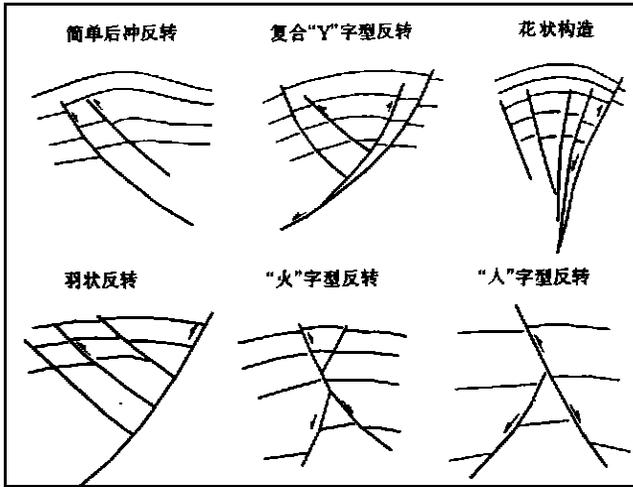


图2 西湖凹陷发育的主要反转构造类型

造。简单断展型的“犢”字反转构造的上部常发育反转背斜。反转强度大时,反转背斜被刺穿,形成穿透性的断褶皱。在盆地中南部的中央构造带和斜坡带上简单断展型的“犢”字型反转构造十分发育,如黄岩711井发现的油气圈闭构造。“犢”字型反转构造的一种变化是羽状的反转构造,沿主断裂的上盘发育羽状的前冲断裂系。

(3) “火”字型反转构造 主断裂上部被反向断裂所截切,有的呈“人”字型,也是盆地中较为多见的一种构造类型。上部的截切断裂多是后期发育的逆冲断裂,断裂分枝少,但逆冲强度较大,属于穿透

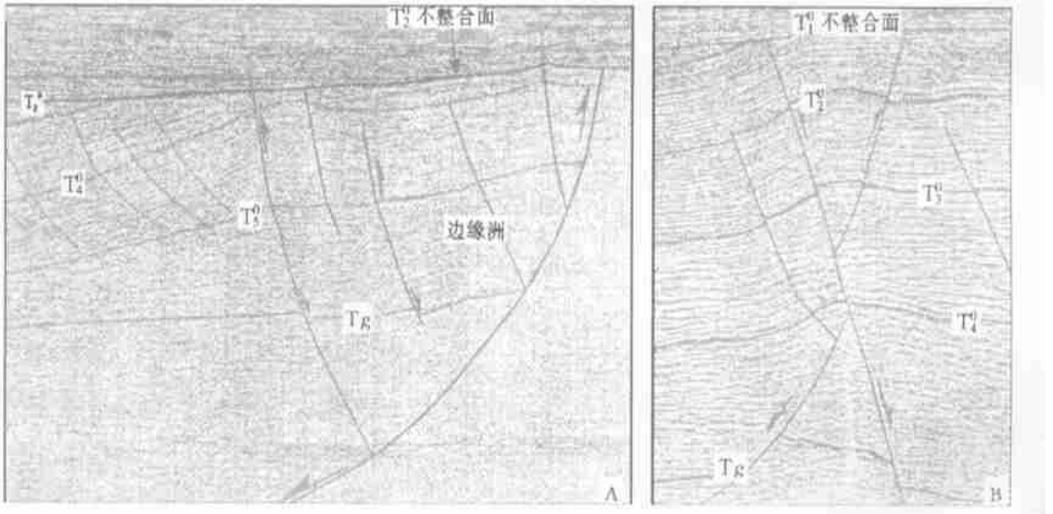


图3 地震剖面上显示的复合“犢”字型反转构造和火字型构造

性的断褶皱,多发育在盆地中部(图3)。

(4) 花状反转构造 反转背斜形成于花状反转断裂系的顶部,派生的逆冲断裂系倾角高,围绕主断裂呈花状向外扩展。其形成可能与先存负花状同沉积断裂有关,并反映了早期的张扭到后期的压扭作用。简单断展型或穿透断展型的花状反转构造都可出现,主要取决于压扭作用的强弱程度。西湖凹陷的花状反转构造主要分布于盆地的中北部。

### 3 反转构造的组合样式和分布

密集的地震剖面和平面的反转构造分布的研究表明,西湖凹陷从西向东存在3个反转构造带,即西部斜坡反转构造带、中央反转构造带和东部边缘反转断阶带。它们的分布和组合样式不尽相同,反映了先存同沉积断裂组合和构造反转强弱等的控制和影响。

(1) 中央反转构造带 中央反转构造带南部的反转强度相对较小,由多条以后冲为主同向反转断裂及其伴生构造所组成。反转构造一般为简单断展型,与裂陷期存在的多条规模较大的同向犁形同沉积断裂有关,是复式半地堑断陷挤压反转形成的一种构造样式。其反转强度从陡坡带向缓坡带减弱。盆地中部的中央构造带,发育花状的反转构造组合,围绕一些主断裂发育花状构造、“火”字型构造等(图 3)。反映了该期构造运动的压扭性质。反转强度较强,一般为穿透性断褶皱。

中央构造带北部发育强烈的前冲构造,构成前、后双向强烈逆冲的构造样式。上盘的反转背斜被沿先存羽状伴生断裂反转的上冲滑移断阶切割,并被岩浆侵入混熔复杂化。在前冲和后冲形成的断背斜之间常为一浅的向斜构造。前冲构造的前沿可发育局部挠曲凹陷和角度较低的逆冲或逆掩断层。此类构造大多为穿透型的断褶皱,与较强的挤压逆冲作用有关。

中央反转构造带大规模的背斜隆起是中新世末期龙井运动(图 1)的结果,龙井界面的剥蚀量达 3 000 多米,反映了该期的反转逆冲造成强烈的隆升和剥蚀作用<sup>[7]</sup>。

(2) 东缘断裂带 东缘断阶反转带的北部由多条简单后冲反转断裂组成的反转构造带,伴生构造不十分发育,挤压缩短由一系列断层通过简单逆冲调节,每条断层的反转强度较小。向南断裂呈简单滑移逆冲反转,呈同向的羽状断裂或反向复合“犏”字型断裂组合。反转过程是沿着先存的西倾犁形大断裂反转逆冲的,逆冲上盘均形成大型的挤压拖曳背斜,挤压拖曳背斜被伴生的次级断阶复杂化,恢复的挤压反转背斜宽约 30 千米(图 3)。

这一反转构造带主要是渐新世末期花港运动(图 1)的结果,南部龙井界面剥蚀量大,达 2 000~2 800 米,反映了强烈的挤压隆升。

(3) 西斜坡构造带 主要沿西斜坡与凹陷过渡的断裂枢纽带进行。沿东倾的斜坡边缘断裂带发育简单后冲反转构造组合,反转强度小,伴生构造主要是继承或强化早期滚动背斜所形成的简单断展型背斜。在断阶发育的部位形成简单滑移反转断阶组合。该带的次级小地堑和地堑两侧的断裂出现不同程度的反转逆冲(图 4)。这些构造主要形成于始新世末期玉泉运动,所形成的不整合面(图 1)分隔了裂陷期与坳陷期沉积,属破裂不整合面,与裂后热隆升作用造成的隆起和局部的挤压反转有关,反转强度较小。从反转构造类型和其分布的位置可以看

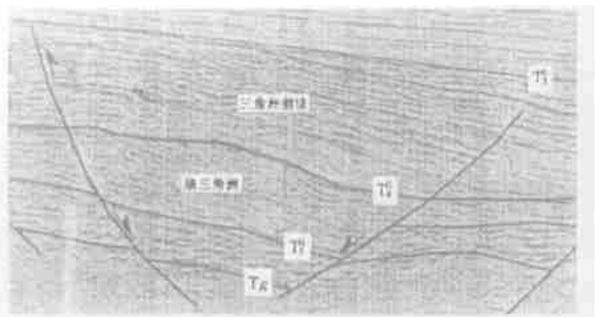


图 4 西斜坡带的构造反转与龙井不整合面

图 4 西斜坡带的构造反转与龙井不整合面

图 4 西斜坡带的构造反转与龙井不整合面

出,中央凹陷带的反转构造作用最强、东缘次之,西斜坡带边缘最弱。盆地东北段挤压最强,剥蚀量最大;由北向南反转挤压强度具有变弱的趋势(图5)。

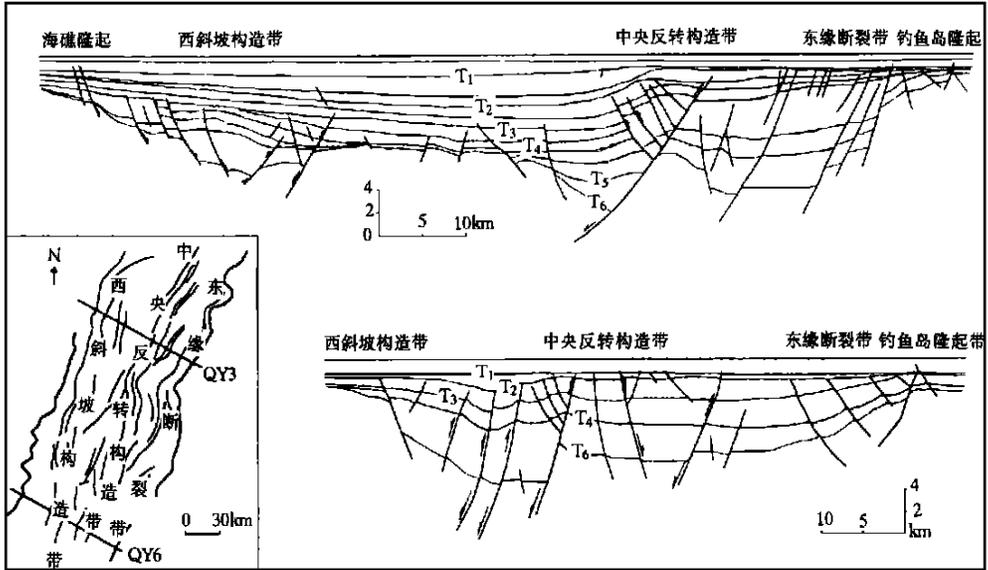


图5 西湖凹陷反转构造带的分布

图5 盆地中南部和北部斜坡带构造反转强度较弱,发育了大量的简单断展型反转背斜,同时反转作用还强化了部分早期的滚动背斜,形成了理想的圈闭构造。在斜坡带,早期的斜坡断裂带构成了油气运移的通道,是油气运移的重要方向。因此,盆地中南部反转强度较弱的断展背斜带和沿盆地西斜坡的反转背斜带成为盆地重要的油气聚集带。初步勘探也表明,这些地带具有良好的油气勘探前景。

### 4 反转构造对油气聚集的影响

反转构造是含油气盆地中一种重要的构造类型,构造反转强度和反转期与油气生成和运聚的时间匹配关系等对油气聚集成藏具有重要的影响<sup>[1]</sup>。西湖凹陷的烃源岩主要分布于中上始新统平湖组和渐新统花港组中<sup>[8]</sup>。渐新世花港组沉积之后,平湖组大部分地层已进入了生烃期;中新世沉积之后,平湖组和花港组的大部分烃源岩进入主要的排烃期。因此,渐新世末期的构造反转(轭)造成东部大规模的强烈隆升和剥蚀,显然不利于油气的保存。特别是中新世末期的强烈构造反转(轭)使盆地中央构造带发生大规模的隆起和剥蚀,尤其是北部发育许多穿透断展型的反转构造,反转强度大,反转背斜顶部破坏较严重,破坏了盖层的封闭性,可能造成油气的大规模泄漏。

盆地中南部和北部斜坡带构造反转强度较弱,发育了大量的简单断展型反转背斜,同时反转作用还强化了部分早期的滚动背斜,形成了理想的圈闭构造。在斜坡带,早期的斜坡断裂带构成了油气运移的通道,是油气运移的重要方向。因此,盆地中南部反转强度较弱的断展背斜带和沿盆地西斜坡的反转背斜带成为盆地重要的油气聚集带。初步勘探也表明,这些地带具有良好的油气勘探前景。

### 5 结论

(1) 西湖凹陷发育了多样化的反转构造。从反转强度上,区内的反转构造均可划分为简

单断展型和穿透断褶型 2 种基本类型;从几何形态上又可划分出简单后冲反转、复合“犢”字型反转、“火”字型反转和花状反转构造等反转构造类型。

(2) 西湖凹陷从西向东分为 3 个反转构造带。西斜坡反转构造带反转强度小,以简单后冲式反转构造样式为主;中央反转构造带规模大,反转相对强,中北部以发育大型穿透断展型反转背斜为主,南部以简单断展型为主;东缘反转构造带具有简单滑移断阶型和大型的挤压拖曳反转背斜构造,反转强度较大。

(3) 中央反转构造带北部和东缘反转构造带的反转强度大,剥蚀严重,不利于油气的聚集和保存;盆地中南部和西斜坡构造带反转较弱,为油气的运移和聚集提供了有利条件。

### 参 考 文 献

- 1 钱冠群,王德培,钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培. 1989.
- 2 王德培等. 反转构造及其石油地质意义. 地球科学,1989,14(1):101~108.
- 3 陈昭年,陈发景. 反转构造与油气圈闭. 地学前缘,1995,2(3):96~103.
- 4 李思田,林畅松,路凤香. 中国东部及邻区中、新生代盆地演化及地球动力学背景. 武汉:中国地质大学出版社,1997,4~19.
- 5 陈发景等. 中国中、新生代含油气盆地构造和动力学背景. 现代地质,1992,6(3):317~327.
- 6 钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培. 1993,77(7):159~191.
- 7 刘景彦,林畅松等. 东海西湖凹陷第三系主要不整合面的特征、剥蚀量的分布及其意义. 现代地质,1999,13(4):432~439.
- 8 陈琳琳,王文强. 东海陆架盆地西湖凹陷深层烃源岩探讨. 海洋石油,1999,(2):1~9.

钱冠群,王德培,钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培. 1989.

钱冠群,王德培,钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培. 1989.

钱冠群,王德培,钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培. 1989. (1) 钱冠群,王德培,钱冠群,王德培. (2) 钱冠群,王德培,钱冠群,王德培. (3) 钱冠群,王德培,钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培,钱冠群,王德培. 1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. 钱冠群,王德培,钱冠群,王德培. 钱冠群,王德培,钱冠群,王德培. 1989.