

反转构造进展与油气聚集关系

曾维特,丁文龙,久凯,吴礼明,李超,许长春

中国地质大学(北京)能源学院,北京 100083

摘要 反转构造主要指伸展盆地中地堑、半地堑系统遭受挤压变形所产生的压缩构造。它一般经历拉张断陷、稳定坳陷及挤压反转3个演化阶段,构造反转形成的各种褶皱背斜构造直接叠覆在生油断陷之上,生运储配置关系得天独厚,其复杂性及重要性值得深入研究。通过对与反转构造相关的大量文献的调研及对中非B走滑拉分盆地反转构造样式的研究,对反转构造概念的演变、类型的划分、识别、反转率的计算等方面研究进行了全面归纳和总结,并提出了反转构造研究中存在的问题。研究表明,反转构造类型的划分主要是以断层和褶皱对反转构造的影响和控制作为依据;鉴别反转构造应在区域构造事件、上下构造层褶皱变形特征、断层性质及活动历史等多方面分析基础上进行;利用挤压反转后的断裂和褶皱变形特征可以定性描述构造反转程度,划分为轻微反转、中等反转、强烈反转等,而反转率的计算能够比较好地定量描述反转的程度。

关键词 反转构造;分类;识别;反转率;油气聚集;控制因素

中图分类号 TE132.1+1

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.02.008

Review of Inversion Structure and the Relationship Between Hydrocarbon Accumulation and Inversion Structure

ZENG Weite, DING Wenlong, JIU Kai, WU Liming, LI Chao, XU Changchun

School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

Abstract Inversion structure is a kind of compressional structure formed through the extrusion of the graben or half-graben system in the extensional basin. Extensional subsidence, stable depression and extrusion inversion are three stages generally going through in the inversion structure. The faults connected with the source rocks are overlaid by various anticlines caused by the tectonic inversion, with a very interesting relationship among transportation, generation and reservation. The inversion structures were extensively studied. This paper focuses on the inversion structure styles of strike-slip B basin in African, including the concept evolution of inversion tectonics, the types of inversion tectonics, the identification of inversion tectonics, and the inversion rate. Several existing problems of the inversion structure are discussed. It is shown that, the styles of the inversion structure are mainly classified based on the influence and the control of the faults and fold structures. The tectonic inversion should be identified based not only on the analysis of the regional event, but also on the features of folds and faults and the activity history. The degree of the tectonic inversion can be described qualitatively and divided into three levels: the slight inversion, the moderate inversion and the strong inversion based on the deformation characteristics of the reverse faults and folds. The inversion rate can be calculated to quantify the degree of inversion accurately.

Keywords inversion structure; structure style; identification; inversion rate; hydrocarbon accumulation; controlling factors

0 引言

早在20世纪20—30年代,Lamplugh^[1]、Prouvost^[2]、Stille^[3]就识别出原有沉降—沉积区因差异抬升而向隆起—侵蚀区

转化的反转构造现象,然而直到1984年Glennie和Boeger^[4]才首次提出了“反转构造”的概念,并将其定义为“构造反转指的是盆地逆转成构造隆起”,对反转构造的研究具有开创新

收稿日期:2011-09-30;修回日期:2011-12-22

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2006CB202302);中国石油科技创新基金项目(2008D-5006-01-06);国家科技重大专项(2008ZX05031-001-005HZ)

作者简介:曾维特,博士研究生,研究方向为石油构造分析与控油气作用,电子信箱:zengweite@126.com

指导性意义。在随后的几十年中,随着对反转构造研究的不断加强和深入以及地震技术的发展,人们逐渐意识到反转构造的重要性并不断提出和完善其概念。反转构造是继伸展构造和走滑构造之后,地质界近十几年来又一重要概念,因此,反转构造作为含油气盆地的重要构造类型已经成为石油地质界广泛重视并积极研究的热门课题之一。

1984年, Bally^[5]认为构造反转指的是盆地、半地堑、地堑系统由于使先存正断层的变形作用拉张力逆转成挤压力,而由内向外不同程度地旋转;1985年, Harding^[6]则认为构造反转即为构造起伏在极性上的变化,当指一个特殊构造时,则系指从原来的构造低转变为构造高,如果规模大,此种变形类型可叫“盆地反转构造”;1989年, Williams等^[7]定义正反转构造是在控盆伸展断层受到挤压作用发生反向运动时产生的,负反转构造则是在先存的缩短构造体系发生伸展作用产生的; Graciansky认为反转作用还包括如阿尔卑斯那样的造山带,认为这对于解释造山带的演化有重要意义;1991年, Murphy等石油地质学家将反转构造定义为大陆裂谷环境内早期正断层上盘的反倾向滑动所形成的构造;1993年, Mitra^[8]认为正反转构造是由于先存的伸展构造受到挤压作用形成的;2000年,冯建辉等^[9]认为反转构造应是同一断层面上呈现两期力学性质近于相反的构造,并指出反转构造不是简单的构造叠加,而是限于地堑、半地堑盆地范围内并可识别出裂谷期层序或被动充填层序的盆地范围内。

目前国内外对反转构造的研究都仅局限于主动裂谷盆地,而忽略了对被动裂谷盆地中反转构造的研究,特别是在走滑拉分作用背景下形成的被动裂谷盆地在后期的挤压从而造成的构造反转的复杂性及重要性更值得进行深入研究。

1 反转构造的概念

反转构造又称构造反转或盆地反转,包括正构造反转和负构造反转。“正反转”指由于早先控盆的伸展作用后来转化为挤压作用,伸展盆地中半地堑、地堑系统和热冷却坳陷遭受挤压变形产生压缩构造并叠加在伸展构造之上而形成的构造^[10](图1)。

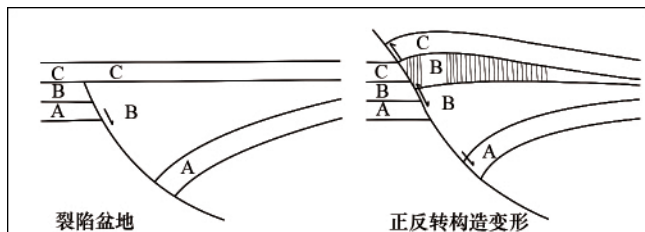


图1 正反转构造形成模式图

Fig. 1 Evolution model of inversion structure

“正反转”这一术语本质上相当于盆地的抬升和破坏。指拉伸-扭张作用后又遭受挤压-扭压作用的盆地。典型的正反

转构造是“指正断层系统控制的地堑、半地堑构造受到挤压作用后发生褶皱和逆冲构造变形”。这种是先伸展、后挤压的叠加或复合构造。盆地边界或内部原来的正断层可能在构造反转过程中发生逆冲断层位移,即“正反转断层”或“反转正断层”(图2)。本文仅讨论与正反转构造相关的问题。

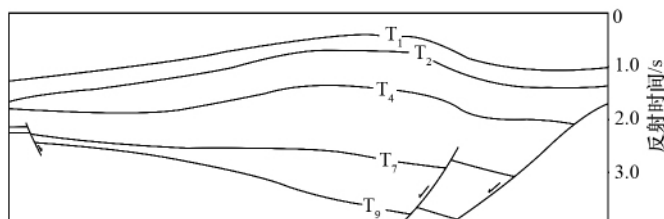


图2 中国南海北部湾盆地涠14-2正反转构造地震剖面特征
Fig. 2 Wei14-2 inversion structure features in seismic cross-section of north Gulf basin in South China Sea

2 反转构造的类型

对反转构造的类型,很多学者从不同的角度出发进行了详细划分,如 Hayward^[11]从变形强弱程度上对其进行分类, Harding^[6]按反转型量划分,将反转构造划分为大反转型反转构造和小反转型反转构造。Mitra^[8]从断层的几何形态和作用机制上将其划分为断展型和断弯型正反转构造2大类,胡望水等^[12-13]依据力学机制把正反转构造划分为断层控制型和非断层控制型2大类,断层控制型又细分为压扭型、挤压倾滑型、走滑诱导型及逆掩断坡型4类,后又依据断层的作用形式将正反转构造化分为2大类、5亚类、14小类。刘和甫等^[14]根据反转期次、叠加顺序特别是断层性质转化及其与褶皱的关系,将松辽盆地中生代反转构造划分出3类11种基本样式;陈昭年^[15]依据有无逆冲断层和反转层序差异,将松辽盆地反转构造划分出2类6种样式。虽然以上这些分类各不相同,并没有形成统一的认识,但在理论上却有很高的研究价值,从控制因素来看,其都离不开断层和褶皱对反转构造的影响和控制作为划分依据。

2.1 根据反转构造的形态和成因分类

张功成^[16]根据断层在反转过程中作为逆断层复活的程度和反转断层上盘地层挠曲褶皱的形态及其成因机制,将反转构造类型划分为断层相关型和挠曲褶皱型2大类和4小类(表1)。

在对中非含油气盆地构造样式分析的研究过程中,发现B盆地存在大量典型的前谷后峰型及前峰后谷型挠曲褶皱反转构造(见图3),其对油气聚集以及成藏有着至关重要的影响。

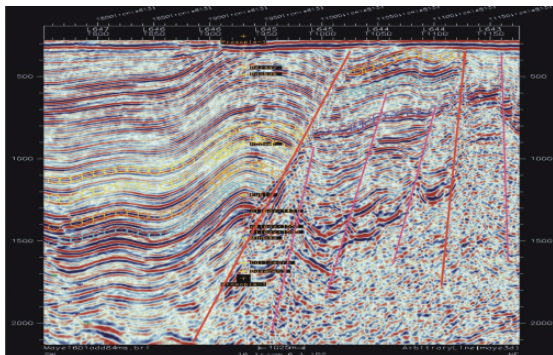
2.2 根据反转构造基本形态分类

宋廷光^[17]根据褶皱在构造反转中的形态和断层在反转过程中作为逆断层复活的程度进行了基本分类:断层型、褶皱型、混合型(表2)。

表 1 反转构造的形态和成因分类

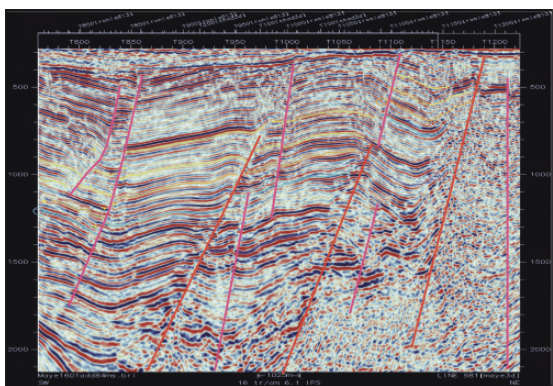
Table 1 Classification of shapes and contributing factors of inversion structure

反转构造类型	典型反转构造模型	典型反转构造剖面
断层相关型	下正上盖	
	下正上逆	
挠曲褶皱型	前谷后峰	
	前峰后谷	



(a) 前谷后峰型

(a) Syncline before the anticline in inversion structure



(b) 前峰后谷型

(b) Anticline before the syncline in inversion structure

图 3 B 盆地中反转构造样式

Fig. 3 Inversion structure style in B basin

表 2 反转构造根据断层和褶皱控制因素的分类

Table 2 Classification of inversion structure according to controlling factors of faults and folds

大类	亚类	剖面特征	控制因素
断层型	上逆下正		当沿断层的逆断位移超过了上部地层前期的正断位移,但小于下地层前期的正断位移时,断层表现为上正下逆这是最典型也是最容易识别的正反转构造
	上下均正		后期挤压应力使正断层逆冲的位移没有超过原正断层最小位移,整个剖面上断层仍为正断表现
褶皱型	上下均逆		当后期反转逆冲量超过了先存正断层的最大正断位移时,断层整个剖面上均表现为逆断
	上凸下凹		水平方向的缩短而成的反转构,在深凹陷或断陷后期经过了反转作用
混合型	上下均凸		水平方向的挤压同时伴有明显的基底上隆或单纯由基底抬升所致
	上凸下凹 上逆下正		沿先存断裂的逆冲与地层水平缩短均很明显,且褶皱不只局限于断面附近,该情况下无论消除断层反转因素还是褶皱因素,反转现象仍然存在

3 反转构造的识别

反转构造一般需经历 3 个阶段:(1) 拉张阶段 (快速沉降、沉积);(2) 拉张、挤压过渡阶段(拉张作用逐渐停止,沉积速率相应递减);(3) 挤压阶段(抬升、剥蚀)。

3.1 反转构造在地震剖面上的识别

正反转构造的 9 项识别标志:(1) 下伏“盆形”基底,即基岩顶界呈下凹状,或以犁式断层为底界;(2) 内部地震反射为丘状,反射同相轴不易追踪对比,或呈“空白带”,无有效反射层,这可能是岩性单一的反映。反转前多为拉伸期的细粒碎屑沉积,地震波层速度较低。层内多为高压异常带,钻井测试为高压层,压力系数大于 1(可高达 2);(3) 下伏沉积厚度大。地震剖面上显示反转构造形成于某个时期,或分阶段形成,顶部与翼部地层大致等厚,而非顶薄翼厚;(4) 因下伏地层多为塑性岩层,断层一般不断至基底;(5) 反转发生时不同程

度出露,遭受剥蚀,有时上覆层向上超覆;(6) 构造高点由深至浅偏移,浅层构造幅度大于深层构造,构造轴线一般平行前拉伸期正断层面,构造两翼不对称,近断层翼较陡;(7) 大多以先存正断层反向复活为诱发机制;(8) 区域上多伴有扭、压或压扭构造形迹;(9) 典型正反转构造在剖面上, 断裂具有“下正上逆”和“下拗上隆”的镜像褶皱变形特征^[20](图 4)。

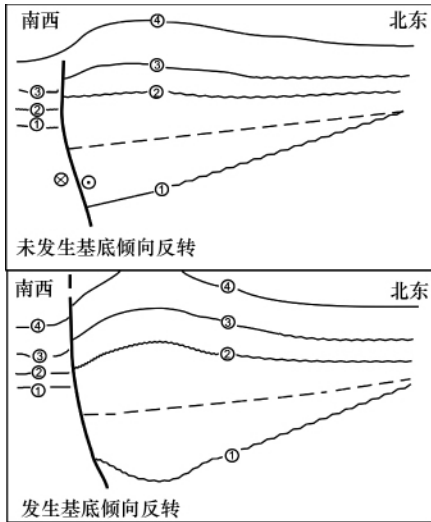


图 4 典型正反转构造断裂和褶皱变形特征

Fig. 4 Deformation features of faults and folds in typical inversion structure

3.2 通过剥蚀面对反转构造进行识别

就第一阶段而言,必须能够识别出张性同沉积断层的上盘沉积物,这是鉴别反转构造最可靠的标志之一;第三阶段盆地因挤压抬升而遭受剥蚀时,不整合面则成为重要的识别标志,根据反转构造强度的不同可分为 3 种情况^[9,21]:(1) 轻度反转,主要形成平行不整合或在地展层序上产生顶超或轻微削截现象(图 5(a));(2) 中等反转,反转构造隆起幅度高,在局部挤压应力下形成高度不整合(图 5(b));(3) 强烈反转,区域应力场由伸展转为挤压,形成褶皱—冲断构造,以高角度不整合为主要特征(图 5(c))。

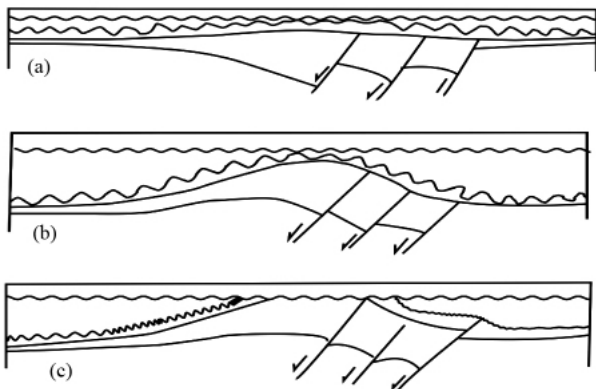


图 5 通过剥蚀面识别反转构造

Fig. 5 Identification of inversion structure based on exposure level

3.3 识别反转构造中应注意问题

断层式反转构造在地震剖面中比较容易识别,然而当反转构造断层在整个剖面上均表现为逆断即上下均逆的情况时,不可和单纯的逆冲断层混为一谈。注意区分反转构造与逆同生断层。逆同生断层是指在断陷盆地中,由于盆地轴部的边沉降、边沉积,盆地肩部边抬升、边翘起,使已成层半固结的沉积物在重力作用下整体顺坡边滑动、边沉积、边揉皱、边断裂(逆冲)所形成的构造现象。它是一种重力滑动构造。而正反转构造是在挤压为主的地质环境中形成的,其断裂是在早期拉张翘倾运动中形成的箕状断陷的边界同生基底断裂,在晚期转为挤压形成二次活动的逆断层。其断裂是生根的,这是与逆同生断层(重力滑动构造)的根本区别^[2]。

相比断层式反转构造,褶皱式反转较难识别,因其与逆牵引构造易相混淆。两者的区别是:(1) 正断层引起的逆牵引构造的层位应低于下盘的相应地层层位,而反转构造却恰好相反;(2) 逆牵引构造上、下盘相应地层应存在一定的正断距,否则不能形成逆牵引构造,而正反转构造表现为逆断层或单斜的挠曲;(3) 逆牵引构造各层高点轴线大体与断面倾向相同,而反转构造的各层高点轴线却基本垂直向下;(4) 反转构造一般成带分布,在同一应力场作用下,构造作用相同,局部也可能不产生断层反转,主要原因在于挤压分量太小,不足以产生逆断距或逆断距小于先存的正断距。

4 反转强度的研究

一般来讲,可以采用计算生长指数、观测构造高程、模拟滑移位移和演算反转率等方法定量分析反转构造的强度。

断层反转程度的大小主要用反转率表示,通过确定“零点”(经过构造反转后上、下盘间无断距点)的位置,可以定量确定断层剖面上拉张伸展和挤压缩短的相对强度,经典的反转率计算公式由 Williams^[7]首次提出:

$$R_i = D_c / D_h \quad (1)$$

其中, R_i 为缩短地层总厚度与伸展地层总厚度的比率; D_c 为与断层平行的上盘零点以上反转同伸展时期地层厚度; D_h 为与断层平行的上盘同伸展时期地层厚度。由上盘零点上下地

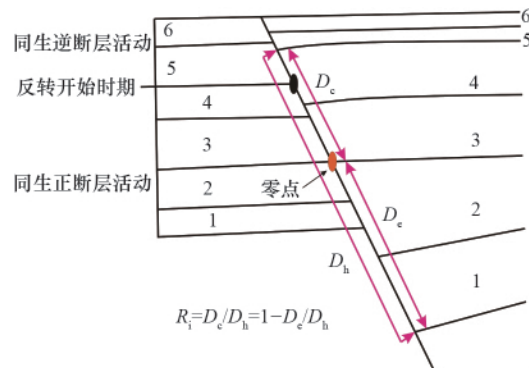


图 6 经典构造反转率计算参数图

Fig. 6 Calculation parameters of inversion rate according to Williams

层的关系(图6),式(1)可改写为

$$R_i = 1 - D_e / D_h \quad (2)$$

其中, D_e 为与断层平行零点以下的同伸展时期地层厚度。

在 Williams 提出的经典反转率计算公式的基础上,并结合大量反转构造的研究实例, Song 改进并提出了新的反转率计算公式(图7)^[28]

$$R_B = D_f / (L_h - L_f) = 1 + \Delta D_f / (L_h - L_f) \quad (3)$$

由式(1)一式(3)可看出, $0 \leq R_i \leq 1$, 当零点的位置处于同伸展时期地层顶部时, 挤压反转还未开始, 此时 $R_i = 0 (D_e = 0)$,

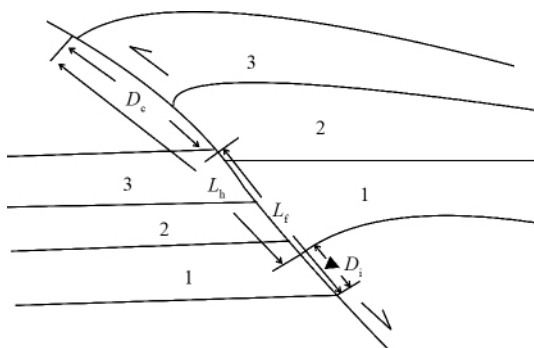


图7 Song 提出的反转率计算参数图

Fig. 7 Calculation parameters of inversion rate according to Song

表3 结合两种反转率公式计算构造反转程度

Table 3 Comparison of structure inversion degrees according to two calculations

构造名称	地震剖面特征	由 Williams 公式算出的反转率	由 Song 公式算出的反转率	反转强度
松辽盆地林甸反转构造		0.25	0.24	轻微反转
松辽盆地孤店反转构造		0.25	0.25	轻微反转
松辽盆地大安反转构造		0.28	0.29	轻微-中等反转
酒泉盆地花海-石大反转构造		0.30	0.30	中等反转
酒泉盆地青西反转构造		0.40	0.41	中等反转
吐哈盆地HYS反转构造		1.00	1.00	强烈反转

$D_e = D_h$; 当零点的位置处于同伸展时期地层底部时, 同伸展时期地层全部反转, 此时 $R_i = 1 (D_e = 0, D_e = D_h)$, 并且前伸展时期地层层序的所有标志层重新回返到变形前的区域高程。

通过表3指出, $0 \leq R_i < 0.2$, 构造属于微反转; $0.2 \leq R_i < 0.4$, 零点位于断层上盘断陷期地层之中、下盘断陷期地层顶部时, 构造属于轻微-中等部分反转; $0.4 \leq R_i < 0.6$, 零点介于上、下盘断陷期地层之中时, 构造属于中等-强烈反转; $0.6 \leq R_i < 0.8$, 零点位于断层上盘断陷期层序之中、下盘断陷期层序底部时, 构造属于强烈反转; $R_i \geq 0.8$, 构造属于强烈-全部反转。

对比运用两种反转率计算公式的计算结果, 表明这两种方法都能对构造反转率进行准确的计算, 然而在许多构造反转时期的实际情况中, 断层上下两盘同伸展时期地层并不一定能实现完美的对接, 从而造成对零点位置判断的不准确, 如果使用 Williams 提出的经典反转率公式进行计算, 容易产生误差, 而在这种情况下使用 Song 改进的反转率公式, 就能很好地解决这个问题, 因为后者的反转率计算公式无对零点位置确定的需要。与 Williams 提出的经典反转率公式相比, Song 改进的反转率公式所适用的范围更广, 而在零点位置相对容易确定部分反转的反转构造中, Williams 的反转率公式可以更方便快捷的计算出反转率。

5 反转构造与油气成藏的关系

全球许多含油气盆地都发现了反转构造。对反转构造几何形态及其与油气生成、运移和聚集之间关系的认识已成为含油气盆地评价分析的重要组成部分。构造反转对油气聚集的有利条件是显而易见的, 但也可能发生不利的影响。

(1) 在发生构造反转之前, 该地区一般都经历断陷、拗陷两个阶段, 沉积了巨厚的生、储、盖层。构造反转形成的背斜直接盖在生油凹陷之上, 而长期活动的断裂又可为油气的运移提供通道。因此, 在油气生成, 运移, 聚集条件的空间配置关系上可谓得天独厚。

(2) 拉张盆地中往往由于变形微弱缺乏完整的背斜圈闭, 而构造反转作用一定程度上弥补了这一欠缺, 并在张性盆地中增加了逆冲高断块等新的圈闭类型。

(3) 反转构造一般面积和幅度都比较大, 相对于张性盆地中广泛发育的滚动背斜、断块油藏等小而肥的构造圈闭, 反转构造更具备形成中型或大型油田的构造条件。

(4) 反转构造由于早期埋藏深, 后期又受挤压, 从而可能降低储层的孔隙度、渗透率, 使它低于目前(反转后)所处深度上应当具有的孔隙度和渗透率。当然, 由于构造反转, 断裂活动的加剧, 可能对裂隙度有所改善。此外, 由于早期埋藏深, 温度提高而加速油气的成熟。

(5) 反转构造的发育时期和强度对油气聚集也是至关重要的。构造反转早于油气大量运移时期是最有利的。构造反转作用强, 可能形成更大的圈闭。但挤压抬升过高也会使已形成的油田遭受破坏。

6 反转构造研究中存在的问题及建议

目前国内外对反转构造的研究都仅局限于主动裂谷盆地,而忽略了对被动裂谷盆地中反转构造的研究,特别是具有走滑拉分性质的被动裂谷盆地由于后期的挤压从而造成的构造反转的复杂性及重要性,更加值得深入研究。在借助如砂箱模拟实验和一系列定量分析技术(如镜质体反射率、磷灰石裂变径迹、声波速度等)的前提条件下,将有助于反转构造的识别,而且还使反转构造的分析更趋定量化。

对于反转构造在地震剖面上的识别并不困难,但仍需注意在识别时不能将反转构造同单纯的逆冲断层、逆同生断层及逆牵引构造混淆。

反转率的计算结果可以有效、直观的判断构造反转的程度,无论是 Williams 提出的经典反转率计算公式还是 Song 改进的反转率计算公式都能准确的计算构造反转率,但对于压扭走滑作用造成的花状断层的反转构造类型无法运用反转率计算公式进行有效计算,从而应加强对于复式组合形态反转构造反转率的研究。

7 结论

(1) 反转构造是指由于早先控盆的伸展作用后来转化为挤压(或压扭)作用,伸展盆地中半地堑、地堑系统和热冷却助陷遭受挤压变形,产生压缩构造并叠加在伸展构造之上而形成的构造。它是最具有油气勘探意义的叠加构造类型。

(2) 反转构造可以从反转量大小、几何形态、断层控制因素和褶皱类型还有反转时期进行分类,但目前对于反转构造的涵义及研究尺度还存在不同的理解,还没有一个统一的、满足多种需要的分类方案,从控制因素来看,其划分都离不开断层和褶皱对反转构造的影响和控制作为依据。

(3) B 盆地走滑和反转构造变形特征明显,地震剖面上褶皱变形强烈,褶皱与断裂相伴生,断裂无反转,属于挠曲-褶皱型的反转构造样式,主要包括前谷后峰型和前峰后谷型褶皱型反转构造,该盆地褶皱反转构造形成的背斜是油气聚集的重要圈闭。

(4) 通过对反转构造在地震剖面上的 9 项标志的识别及剥蚀面与其关系的认识,在地震剖面上识别反转构造并不困难,但仍需注意在识别时不能将反转构造同单纯的逆冲断层、逆同生断层及逆牵引构造混淆。

(5) 反转率的计算结果可以有效、直观地判断构造反转的程度,与 Williams 提出的经典反转率公式相比,Song 改进的反转率公式所适用的范围更广,而在零点位置相对容易确定部分反转的反转构造中,Williams 的反转率公式可以更方便快捷地计算出反转率。

(6) 反转构造与油气的生成、运移、聚集有着密切的关系。它对油气藏的形成既有有利的一面,又有不利的一面,那种不加分析地认为反转构造作用是油气生成和聚集的有利条件是不正确的,在油气勘探中对反转构造作用必须综合分析,慎重对待,才能得出正确的结论。

参考文献(References)

- [1] Lamplugh G W. Structure of the weald and analogues tracts[J]. *Quarterly Journal Geological Society*, 1920, 75: LXXXIII-XCT.
- [2] Prouvost P. Sedimentatio et subsidence, Centenaire de la Société géologique de France: Livre jubilaire-1830-1930 [M]. Paris: Société Géologique de France, 1930: 545-564.
- [3] Stille H. Grundfragen der vergleichenden tektonik[M]. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1924: 443.
- [4] Glennie K W, Boeger P L. Sole pit inversion tectonics [M]// IHing L V, Hobson G D. *Petroleum Geology of the Continental Shelf of Northwest Europe*. London: Institute of Petroleum, 1984: 110-120.
- [5] Bally A W. Tectogenese at seismique reflexion [J]. *Bulletin Society Geologique de France*, 1984, 7(2): 279-285.
- [6] Harding T P. Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positive flower structures and positive structural inversion[J]. *AAPG Bulletin*, AAPG, 1985, 69(4): 582-600.
- [7] Williams G D, Powell C M, Cooper M A. Geometry and kinematics of inversion tectonics [M]. London: Geological Society Special Publication, 1989.
- [8] Mitra S. Geometry and kinematic evolution of inversion structures [J]. *AAPG Bulletin*, 1993, 77(7): 159-191.
- [9] 冯建辉, 吕延仓, 谭试典. 中国石油构造样式[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000: 142-162.
Feng Jianhui, Lv Yancang, Tan Shidian. *China petroleum structural style* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000: 142-162.
- [10] 陈昭年, 陈发景. 松辽盆地反转构造运动学特征 [J]. *现代地质*, 1996, 10(3): 391-396.
Chen Zhaonian, Chen Fajing. *Geoscience*, 1996, 10(3): 391-396.
- [11] Hayward A B, Graham H R. Some geometrical characteristics of inversion [C]//Cooper M A, Williams G D. *Inversion Tectonics*. London: Geological Society Special Publication, 1989.
- [12] 胡望水. 正反转造成因类型 [J]. *江汉石油学院学报*, 1993, 15(4): 19-25.
Hu Wangshui. *Journal of Jianghan Petroleum Institute*, 1993, 15(4): 19-25.
- [13] 胡望水, 刘学锋, 吕新华, 等. 论正反转构造的分类[J]. *新疆石油地质*, 2000, 21(1): 5-8.
Hu Wangshui, Liu Xuefeng, Lv Xinhua, et al. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2000, 21(1): 5-8.
- [14] 刘和甫. 伸展构造及其反转作用[J]. *地质学前沿*, 1995, 2(1): 113-123.
Liu Hefu. *Geoscience Frontiers*, 1995, 2(1): 113-123.
- [15] 陈昭年, 陈布科. 松辽盆地反转构造与油气聚集[J]. *成都理工学院学报*, 1996, 23(4): 50-57.
Chen Zhaonian, Chen Buke. *Journal of Chengdu University of Technology*, 1996, 23(4): 50-57.
- [16] 张功成, 金利. 论反转构造 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1997, 17(4): 83-88.
Zhang Gongcheng, Jin Li. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1997, 17(4): 83-88.
- [17] 宋廷光, 于百莲, 韩殿杰, 等. 正反转构造的类型和特点[J]. *地球科学: 中国地质大学学报*, 1995, 20(3): 271-275.
Song Tingguang, Yu Bailian, Han Dianjie, et al. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*, 1995, 20(3): 271-275.
- [18] 张功成. 松辽盆地伸展和反转构造样式 [J]. *石油勘探与开发*, 1996, 23(2): 16-20.
Zhang Gongcheng. *Petroleum Exploration and Development*, 1996, 23(2): 16-20.
- [19] 王燮培, 费琪, 张家骅. 石油勘探构造分析 [M]. 武汉: 中国地质大学

- 出版社, 1992, 255-268.
- Wang Xiepei, Fei Qi, Zhang Jiahua. Structural analysis in petroleum exploration [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1992: 255-268.
- [20] 王国纯. 中国近海盆地的正反转构造及其石油地质意义 [J]. 中国海上油气: 地质, 1995, 9(1): 33-40
- Wang Guochun. *China Offshore Oil and Gas: Geology*, 1995, 9(1): 33-40.
- [21] 沈华, 陈发景, 尹微. 伸展构造体系中反转构造研究 [J]. 特种油气藏, 2005, 12(1): 23-25.
- Shen Hua, Chen Fajing, Yin Wei. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2005, 12(1): 23-25.
- [22] 褚庆忠. 含油气盆地反转构造研究综述[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2004, 19(1): 28-33.
- Chu Qingzhong. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science*, 2004, 19(1): 28-33.
- [23] 罗笃清, 云金表, 李玉喜. 松辽盆地的正构造反转及其形成机制探讨[J]. 大庆石油学院学报, 1994, 18(2): 17-21.
- Luo Duqing, Yun Jinbiao, Li Yuxi. *Journal of Daqing Petroleum Institute*, 1994, 18(2): 17-21.
- [24] 王莉, 杜旭东, 陆克政, 等. 松辽盆地南部中央拗陷区正反转构造特征及演化机制[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 1998, 22(6): 21-25.
- Wang Li, Du Xudong, Lu Kezheng, et al. *Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science*, 1998, 22(6): 21-25.
- [25] 王步清, 陈汉林, 杨树锋, 等. 酒泉盆地晚白垩世反转构造特征研究 [J]. 天然气工业, 2005, 25(3): 32-35.
- Wang Buqing, Chen Hanlin, Yang Shufeng, et al. *Natural Gas Industry*, 2005, 25(3): 32-35.
- [26] 刘光炎. 吐哈盆地 HYS 反转构造及其平衡演化 [J]. 石油地球物理勘探, 1998, 33(3): 413-417.
- Liu Guangyan. *Oil Geophysical Prospecting*, 1998, 33(3): 413-417.
- [27] Bally A W. Seismic expression of structural styles [M]. Tulsa: AAPG, 1983: 13-18.
- [28] Song T G. Inversion styles in the Songliao basin (North-east China) and estimation of the degree of inversion [J]. *Tectonophysics*, 1997, 1(4): 173-188.
- [29] 胡望水, 刘学锋, 潘仁芳, 等. 正反转构造与油气聚集[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000.
- Hu Wangshui, Liu Xuefeng, Pan Renfang, et al. *Positive inverted structures and oil gas accumulation* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000.
- [30] 胡望水. 正反转构造类型及其研究方法 [J]. 大庆石油地质与开发, 1997, 16(2): 6-9.
- Hu Wangshui. *Petroleum Geology & Oil Field Development in Daqing*, 1997, 16(2): 6-9.
- [31] Harding T P. Structural inversion at Rambuton oil field, south Sumatra basin[J]. *AAPG Bulletin*, 1983, 63(8): 1001-1021.
- [32] 赵斌, 刘财, 王世煌, 等. 大庆长垣反转构造样式及其识别方法[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2006, 36(S2): 101-103.
- Zhao Bin, Liu Cai, Wang Shihuang, et al. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2006, 36(S2): 101-103.
- [33] 韩守华, 余和中. 松辽盆地北部反转构造带与油气聚集的关系[J]. 大庆石油地质与开发, 1996, 15(3): 1-5.
- Han Shouhua, Yu Hezhong. *Petroleum Geology & Oil Field Development in Daqing*, 1996, 15(3): 1-5.
- [34] 李洪薄, 梅廉夫. 反转构造研究进展及其盆地一体化研究思路[J]. 地质科技情报, 2009, 28(5): 12-20.
- Li Hongbo, Mei Lianfu. *Geological Science and Technology Information*, 2009, 28(5): 12-20.
- [35] 蔡希源. 中国油气区反转构造[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- Cai Xiyuan. *Reverse structure in China petroleum provinces* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001.

(责任编辑 郑伟, 刘志远)

· 学术动态 ·



2012年全国第十二届地基处理学术研讨会

中国土木工程学会土力学及岩土工程分会地基处理学术委员会将于2012年8月21日在昆明市举办第十二届全国地基处理学术研讨会,会议旨在展示地基处理领域的最新研究成果和发展趋势。

征稿范围: 现有地基处理技术进展; 地基处理新技术的开发和应用; 复合地基理论与实践新发展; 地基处理工程勘察技术、设计计算、施工设备、质量检测等方面的新发展; 地基处理其他方面的发展。

联系电话: 0871-3100096, 13808721259

电子信箱: cgis2012@163.com

会议网站: <http://www.yskk.cn>