

文章编号: 0253- 9985(2004) 01- 0049- 05

松辽盆地的反转构造作用及其对油气成藏的影响

侯贵廷¹, 冯大晨², 王文明², 杨默涵¹

(1. 北京大学地球与空间科学学院, 教育部造山带与地壳演化重点实验室, 北京 100871;

2. 大庆榆树林油田研究所, 黑龙江 肇东 151100)

摘要: 松辽盆地的反转构造以宽缓的褶曲和长垣背斜为主, 属小变形量的反转构造。反转构造可划分为 3 期, 即晚白垩世嫩江组沉积末期、明水组沉积末期和新生代晚期。其中, 嫩江组沉积末期的反转构造最强烈, 对松辽盆地油气成藏的影响最大, 主要体现在: (1) 反转构造为油气聚集提供了圈闭; (2) 反转构造作用促进了油气再次运移; (3) 反转构造作用使地层拱张, 产生了许多裂缝, 改善了储集性能。

关键词: 松辽盆地; 反转构造; 反转期次; 油气成藏

中图分类号: TE111.2 文献标识码: A

Reverse structures and their impacts on hydrocarbon accumulation in Songliao basin

Hou Guiting¹ Feng Dachen² Wang Wenming² Yang Mohan¹(1. *Dep. of Earth and Space Science of Beijing University, Beijing;*2. *Yushulin Oilfield Research Institute of Daqing Oilfield Company Limited, Zhaodong, Heilongjiang*)

Abstract: Reverse structures in Songliao basin are mainly wide and gentle folds and placentieline with small deformation. The reverse structures have been formed in three different stages: at the end of deposition of Nenjiang Formation in Late Cretaceous, at the end of deposition of Mingshui Formation and Late Cenozoic. The strongest reverse structural action that occurred at the end of deposition of Nenjiang Formation would have the largest effect on hydrocarbon accumulation in Songliao basin, including (a) reverse structures provide traps for hydrocarbon accumulation; (b) reverse structural actions promote remigration of hydrocarbons; and (c) reverse structures result in many fractures and thus improve the poroperm characteristics of reservoir rocks.

Key words: Songliao basin; reverse structure; reverse stage; hydrocarbon accumulation

松辽盆地是一个晚中生代裂谷- 坳陷型盆地^[1, 2]。现今地质图上的松辽盆地并不是裂谷盆地的范围, 而是经后期反转作用改造并剥蚀后的坳陷盆地的范围。前人对松辽盆地的研究主要集中在构造沉积和石油地质方面^[3~ 10], 对反转构造及其对油气成藏的影响的研究较少。本文在前人工作的基础上, 根据松辽盆地的基本地质资料, 综合分析了松辽盆地的反转构造特征、反转构造期次和反转构造作用对松辽盆地的油气成藏的重要性。

1 构造演化阶段

松辽盆地白垩纪以来的构造演化可以分为 3 个主要演化阶段: 断陷阶段、坳陷阶段和构造反转阶段。

断陷阶段 (距今 134~ 115 Ma): 晚侏罗世松辽地区在深部挤压作用下导致地壳浅部拱张, 火山活动强烈, 裂谷盆地形成。上地壳伸展是以犁式断层的水平位移实现空间伸展的。半地堑以西断东超式为主, 亦有东断西超式。松辽盆地裂谷系

呈雁列式分布,整体呈 NNE 走向,区域拉张伸展方向为 NWW-SEE 向(表 1)。

拗陷阶段(距今 115~75 Ma):裂谷期后,盆地由伸展转化为拗陷,岩石圈热机制与应力状态发生了根本性转变。拗陷期为水平方向应力的基本平静期,伸展减弱或消失。

松辽盆地由热异常转向热平衡,地壳冷却的结果导致盆地发生垂向差异升降运动^[7](表 1)。

拗陷期后反转阶段(距今 75~2 Ma):进入晚

白垩世后期,盆地应力体制又一次发生转变。盆地由垂向沉降转变为侧向挤压,结束了盆地热冷却拗陷过程,也代表着一个盆地发展旋回的结束^[7]。

盆地的反转始于嫩江组沉积之后,发展于明水组沉积末期,在新生代也存在一定的反转作用(表 1)。在 NWW 向挤压应力作用下,盆地发生褶皱或局部隆起,发育一系列 NNE 向的背斜或长垣,如:著名的 NNE 向大庆长垣。

表 1 松辽盆地构造演化的阶段划分
Table 1 Tectonic evolution in Songliao basin

演化阶段	时 代		地 层	地层代号	沉积相和火山作用	最大主压应力方向(应力机制)
反 转 期	第 四 纪	全新世	近代沉积	Q ₄	河流- 沼泽	NEE 向挤压(现代 太平洋板块的俯冲作用)
		上更新世	顾乡屯组	Q _{3g}	河流- 沼泽	
		中更新世	荒山组	Q _{2h}	河流- 沼泽	
		下更新世	白土山组	Q _{1b}	河流- 沼泽	
	晚 第 三 纪	上新世	泰康组	N _{2t}	湖沼	NWW 向挤压 (日本海的扩张作用)
		中新世	大安组	N _{1d}	湖沼	
	白 垩 世	晚 白 垩 世	明水组	K _{2m}	滨湖	NW 向挤压 (太平洋板块的俯冲作用)
			四方台组	K _{2s}	泛滥平原	NW 向挤压 (太平洋板块的俯冲作用)
			嫩江组 姚家组 青山口组	K _{2n} K _{2y} K _{2q}	深湖、滨湖 滨- 浅湖、泛滥平原 深湖	水平应力的基本平静期, 垂向沉降为主
断 陷 期	纪	早	泉头组	K _{1q}	滨- 浅湖	NNE 向挤压 (NWW 向的伸展拉张)
		白	登娄库组	K _{1d}	滨湖、河流- 沼泽	
		垩	营城子组	K _{1y}	滨湖、河流- 沼泽	
		世	沙河子组	K _{1s}	滨湖、河流- 沼泽	
	晚侏罗世		火石岭组	J _{3h}	浅湖、河流- 沼泽 火山活动	NWW 向挤压应力 发生 NNE 向区域性拱张

2 反转构造

2.1 类型

伸展盆地的反转构造是近些年来含油气盆地研究的重点之一。伸展盆地的油气勘探开发实践说明反转构造尤其正反转构造在伸展盆地的油气藏形成中具有重要的作用^[11~14]。按反转量划分,反转构造可划分为大反转量反转构造和小反转量反转构造^[12]。大反转量的反转构造表现为后期较大的反转变形,有的甚至变形强烈,形成反转褶皱和逆冲反转构造。而小反转量的反转构造常表现为保留反转作用之前的构造的基本样式,反转构

造表现为较小的变形和位移,以宽缓的褶曲和长垣背斜为主^[15],这种情况在大庆油田比较常见(图 1,2)。松辽盆地的区域剖面可以清晰地反映出嫩江组及以下的各级地层都发生了明显的褶曲变形,清晰地反映出嫩江组末期的反转构造作用的影响(图 1)。图 2 为过松基 1 井的 178 线地震解释剖面,松基 1 井以东在嫩江组末期发生的反转构造作用导致嫩江组及以前的地层逆冲并发生褶皱,表明在松辽盆地的局部也存在大反转量的反转构造。晚白垩世的明水组和四方台组与上覆的上第三系为假整合,缺失下第三系,说明明水组沉积之后,松辽盆地有一次整体抬升。

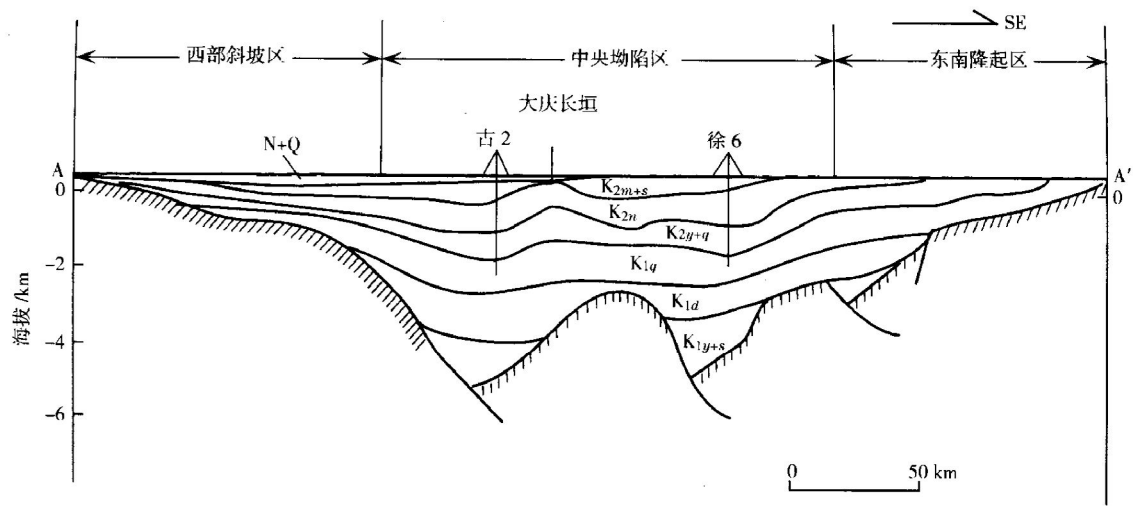


图 1 松辽盆地区域剖面图^[16]

Fig. 1 Regional cross section in Songliao basin

N+ Q 第四系和第三系; K_{2m+s} 明水组和四方台组; K_{2n} 嫩江组; K_{2y+q} 姚家组和青山口组;
K_{1q} 泉头组; K_{1d} 登娄库组; K_{1y+s} 营城子组和沙河子组

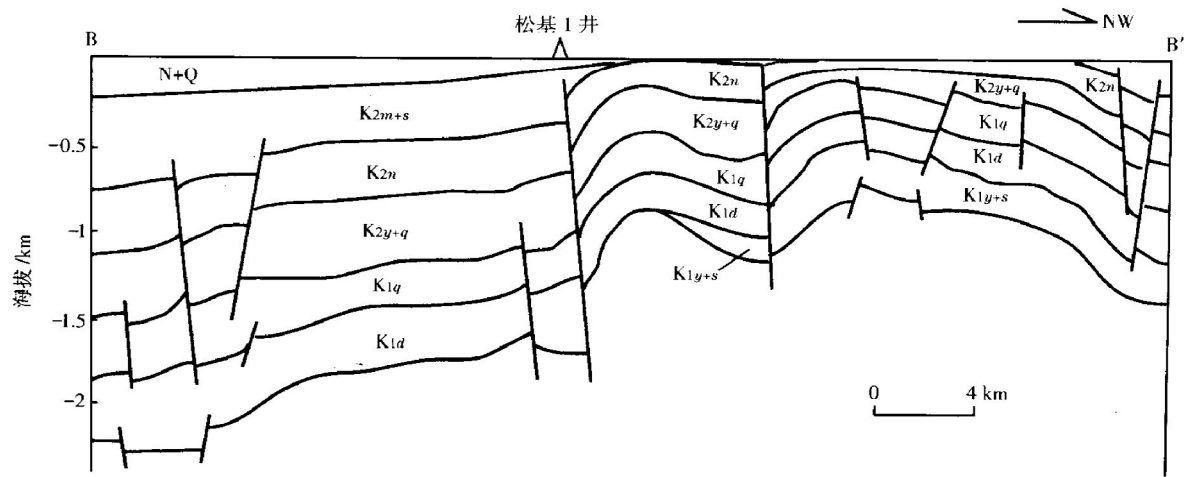


图 2 大庆松基 1 井 178 测线地震解释剖面图

Fig. 2 Seismic interpretation section along 178 seismic line through Songji 1 well in Daqing oilfield
(据 178 测线地震剖面解释)(图例同图 1)

嫩江组沉积末期, 区域上受 NW-SE 向的挤压, 下部的基底断裂发生左旋走滑, 在中浅层形成一系列 NNE 向雁列式的扭动背斜或一系列 NW 向雁列式的次级小断层带。松辽盆地内发育的 NNE 向雁列的油气聚集带(含油气背斜构造带)和 NW 向雁列的次级断裂带清晰地反映了在 NW 向挤压作用下任民镇-肇州断裂带和太平山-肇东断裂带等 NNE 向区域性断裂带左旋走滑作用的结果, 这恰恰是反转构造作用在盆地拗陷期后的浅层构造表现(图 3)。

2.2 期次

松辽盆地最显著的反转构造特征是嫩江组、

姚家组、青山口组和泉头组在整个松辽盆地发生褶曲(图 1), 即在嫩江组沉积之后发生了区域性的构造反转运动。明水组和四方台组与下伏的嫩江组呈角度不整合, 而与上覆的上第三系和第四系呈假整合, 这说明明水组沉积后发生的反转构造作用比较弱。从明水和四方台组变形微弱分析, 嫩江组末期的这场构造反转运动最强烈, 影响最广泛, 对其下的姚家组葡萄花油层和泉头组的扶-杨油层的储层裂缝发育和油气藏的圈闭及运移最有意义。

明水组末期, 受区域挤压应力作用, 松辽盆地

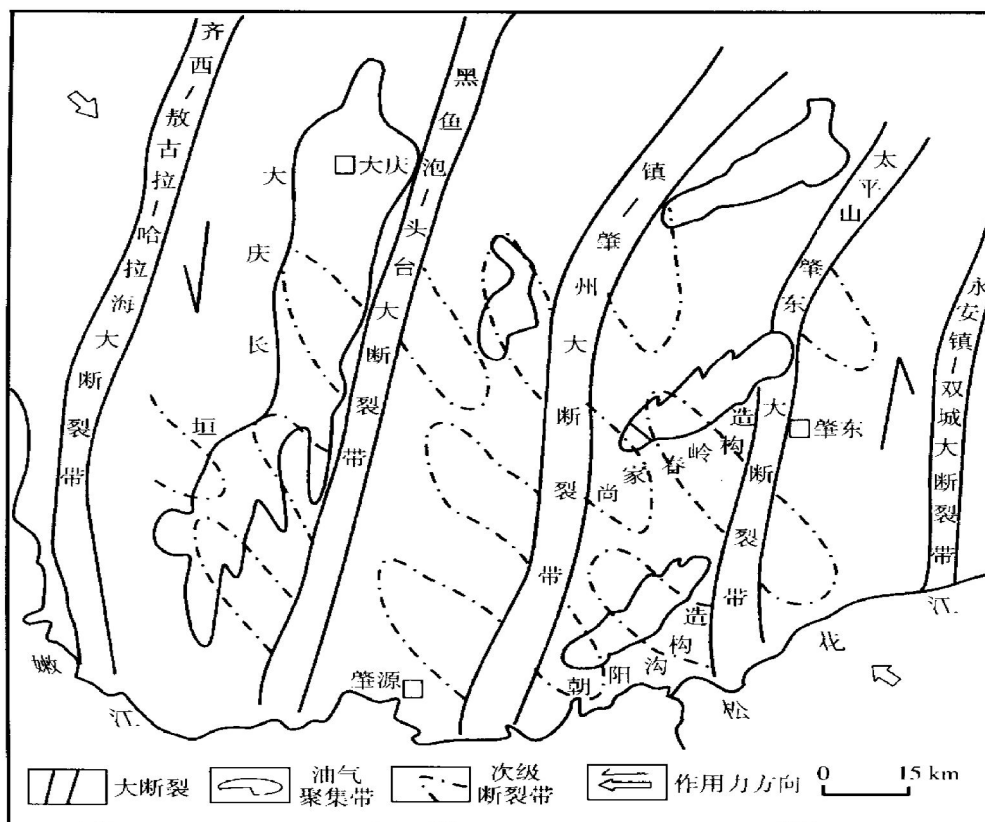


图3 松辽盆地中生代断裂构造与油气聚集带关系^[16]

Fig. 3 Relationship between Mesozoic faulted structures and hydrocarbon accumulation zones in Songliao basin

整体构造抬升,发生区域性的隆升,缺失下第三系。新第三纪松辽盆地再次拗陷,接受沉积。

进入新生代,由于太平洋板块的俯冲方向由NW向转为NWW向以及日本海的扩张,作用于松辽盆地上的区域挤压应力方向由NW向转为NEE向,应力机制发生了变化(图4)^[5, 17~18]。

在松辽盆地,上第三系沉积出现NNW向的局部隆凹,并控制着第四系局部沉积展布方向^[19]。NNE向的大庆长垣上发育大量NW向压扭性次级小断层和雁行排列的NW向次级小圈闭构造,这都是新生代NEE-SWW向挤压作用下构造反转的产物(图4)。

总之,松辽盆地的反转构造至少可以分为3期:晚白垩世嫩江组沉积末期(简称“嫩末”)、明水组沉积末期(简称“明末”)和新生代晚期(主要发生在第四纪早期)。

3 对油气成藏的影响

松辽盆地在断陷期和拗陷期发育了巨厚的生油岩系和储层,但只有在嫩江组末期,即拗陷期后的反转构造期,在NW向挤压反转作用下,才形成

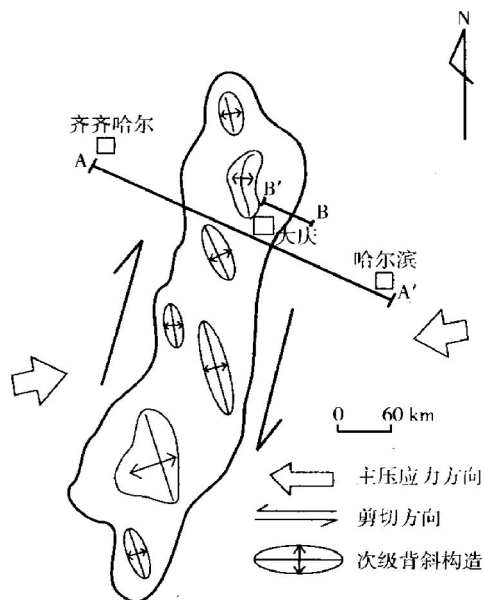


图4 大庆长垣新生代应力状态示意图

Fig. 4 Schematic diagram showing Cenozoic stress state in Daqing anticline

了以大庆长垣为代表的NNE向含油气构造带,在新生代由于构造应力场的变化,NEE向的挤压反转构造作用使NEE向的含油气构造带缩短,并在内部生成了次级的小圈闭构造,为油气运移和最终

成藏提供了有利条件。根据以上的研究综合分析, 松辽盆地的反转构造作用对油气的运移和成藏十分重要, 主要表现在如下3个方面。

(1) 中生代嫩末时期的反转构造作用使松辽盆地形成一系列 NNE 向含油气构造带, 新生代的反转构造作用又在含油气构造带内形成局部的油气藏圈闭构造。

松辽盆地的油气藏以背斜构造为主要圈闭形式, 一般在嫩末时期具雏形, 在明末时期定型, 可见松辽盆地的油气藏绝大多数形成于嫩末和明末两个时期^[20, 21]。嫩末由于 NW 向挤压而发生的构造反转作用使松辽盆地发育一系列 NNE 向或 NE 向的油气聚集带(即背斜构造带), 如: 大庆长垣。明末时期和第四纪早期的反转作用进一步在油气聚集带内形成以背斜为主的圈闭构造, 形成构造油气藏(图4)。

(2) 反转构造作用使油气再次发生运移, 有利于油气在合适的圈闭内成藏。从烃源岩地层时代与油气成藏时期分析, 烃源岩主要是青山口组和嫩江组泥岩, 油气藏形成时期主要是嫩末, 因此, 油气主要运移聚集时期为嫩末时期。NW 向的挤压作用使油气沿 NNE 向的二级构造带(如: 大庆长垣)向 NNE 方向和 SSW 方向运移, 形成油气聚集带, 并在合适的圈闭内聚集成藏。第四纪的反转作用也会使油气发生再次运移。

(3) 反转构造作用使地层受挤压弯曲而发生拱张, 产生张裂缝和微裂缝, 改善了储集性, 有利于油气的运移和成藏。

综上所述, 反转构造作用对松辽盆地的油气运移和聚集成藏有很大的影响。尤其嫩末和第四纪的反转构造作用对油气藏的形成具有重要作用。因此, 要特别重视嫩末时期形成的 NNE 向构造圈闭与后期反转形成的 NNW 向构造圈闭相叠加的地区, 这对于老油田的深部油气勘探和寻找隐蔽油气藏有一定的指导意义。

致谢: 感谢大庆榆树林油田的邱勇松总工程师提出的宝贵意见。

参 考 文 献

1 Ma Xingyuan, Wu Daning. Cenozoic extensional tectonics in China

[J]. *Tectonophysics*, 1987, 133: 243~ 255

- 2 罗志立, 姚军辉. 试论松辽盆地新的成因模式及其地质构造和油气勘探的意义[J]. *科学发展与研究*, 1992, 1: 1~ 10
- 3 林舸. 中国东部北西向线性构造及其大地构造意义[J]. *地壳形变与地震*, 1990, 10(2): 44~ 52
- 4 王燮培. 中国中、新生代含油气盆地的扭动构造和构造样式的叠加[A]. 见: 马杏垣. 中国大陆构造论文集[C]. 北京: 地质出版社, 1992. 144~ 154
- 5 万天丰. 中国东部中、新生代板内变形构造应力场及其应用[M]. 北京: 地质出版社, 1993. 103
- 6 胡望水, 王燮培. 松辽盆地北部变换构造及其石油地质意义[J]. *石油与天然气地质*, 1994, 15(2): 164~ 172
- 7 王涛. 中国东部裂谷盆地油气藏地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 196
- 8 刘德来. 松辽盆地形成发展与岩石圈动力学[J]. *地质科学*, 1996, 31(4): 397~ 408
- 9 唐黎明, 何兴华. 松辽盆地梨树凹陷泉头组沉积特征[J]. *石油与天然气地质*, 2002, 23(3): 266~ 288
- 10 黄福林, 骆传才, 何兴华, 等. 松辽盆地南部构造圈闭系列[J]. *石油与天然气地质*, 1996, 17(4): 333~ 336
- 11 Harding T P, Lowell J D. Structural styles, their plate- tectonic habitats and hydrocarbon traps in petroleum provinces[J]. *AAPG Bull*, 1979, 63: 1 016~ 1 058
- 12 Harding T P. Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positive flower structures, and positive structural inversion[J]. *AAPG Bull*, 1985, 69(4): 582~ 600
- 13 Ingersoll R V. Tectonics of sedimentary basins[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1988, 100: 1 704~ 1 719
- 14 Mitra S. Geometry and kinematic evolution of inversion structures[J]. *AAPG Bull*, 1993, 77(7): 1 159~ 1 191
- 15 晁吉祥, 徐志斌. 分形构造和反转构造[M]. 北京: 地质出版社, 1994. 96
- 16 王志武(主编). 中国石油地质志(第二卷下册, 大庆油田)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1987. 785
- 17 侯贵廷, 钱祥麟, 蔡东升. 渤海中、新生代盆地构造活动与沉积作用的时空关系[J]. *石油与天然气地质*, 2000, 21(3): 201~ 206
- 18 侯贵廷, 钱祥麟, 宋新民. 渤海湾盆地的形成机制[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 1998, 34(4): 503~ 509
- 19 祁林, 韩广玲, 张惠. 松辽盆地喜山运动期地应力场演化对油气运聚的影响[J]. *石油与天然气地质*, 1992, 13(4): 398~ 406
- 20 程学儒. 松辽盆地北部油气聚集的基本特征和勘探方向[A]. 见: 徐树宝, 胡见义. 中国油气聚集与分布[C]. 北京: 石油工业出版社, 1991. 24~ 38
- 21 丁正言, 韩广玲, 张惠, 等. 松辽盆地南部油气聚集带的成因类型和分布模式[A]. 见: 徐树宝, 胡见义. 中国油气聚集与分布[C]. 北京: 石油工业出版社, 1991. 39~ 48