

文章编号: 0253- 9985(2004) 02- 0185- 06

喜山运动对松辽盆地含油气系统的影响

任延广¹, 陈均亮², 冯志强², 林春华², 冷鹏华²

(1. 吉林大学地球探测科学与技术学院, 吉林长春 163712; 2. 大庆勘探开发研究院, 黑龙江大庆 163318)

摘要:通过对新构造运动、天然地震、钻探、人工地震、地层、构造形迹、卫星遥感等资料分析, 认为喜山运动在松辽盆地可分为 3 幕: 第一、第三幕运动主要受印度板块影响, 产生的区域主压应力为北东- 南西向; 第二幕运动主要受太平洋板块影响, 产生的区域主压应力方向为北西- 南东或近东西向; 第三幕所产生的北西向构造作用对早期形成的北东向构造圈闭及其中的油气再运移和聚集有重要影响。松辽盆地第三系为压陷盆地沉积, 表现为地层分布局限、充填碎屑粗、隆起区可作为物源区。松辽盆地第三系构造变形椭圆体反映在老第三系沉积中晚期(43 Ma 以来)挤压应力方向发生了由南北向到近东西向的变化。在白垩纪末的挤压作用下, 中浅层构造不断壮大, 为油气聚集提供了良好的圈闭。中浅层断层为多期断裂活动的叠加产物, 不同时期的断层具有各自的延伸特征: 青山口组沉积期在近东西向伸展应力作用下, 主要发育北东、北北东向断层; 姚家组沉积末在近南北向伸展应力作用下, 只发育近东西向断层; 明水组沉积期以后在近南北向左行压扭应力作用下, 主要发育北北西、北西向断层。明水组沉积末期的构造反转使松辽盆地开始进入生烃高峰期, 挤压力方向的改变导致了中浅层不同方向的老断层开启, 形成了多方位的油气运移通道。挤压背景不但为油气的运移和聚集提供了通道和场所, 同时有利于油气的生成与保存, 进而实现了油气的生成、运移、聚集和保存的良好匹配。

关键词: 松辽盆地; 喜山运动; 第三纪; 含油气性; 影响

中图分类号: TE111.2 文献标识码: A

Impacts of Himalayan movement on petroleum system in Songliao basin

Ren Yanguang¹ Chen Junliang² Feng Zhiqiang² Lin Chunhua² Leng Penghua²

(1. College of Earth Survey Science and Technology of Jilin University, Changchun, Jilin;

2. Daqing Petroleum Exploration and Development Research Institute, Daqing, Heilongjiang)

Abstract: Based on analyses of data including neotectonics earthquake, drilling, seismic, stratigraphy, structural features and satellite remote sensing, it is believed that Himalayan movement can be divided into three episodes in Songliao basin. The first and third episodes have mainly been affected by the Indian plate and result in NE-SW regional principal compressive stress; while the second episode has mainly been affected by the Pacific plate and has given rise to NW-SE or nearly W-E regional principal compressive stress; the NW tectonism in the third episode has important effects on the early-formed structural traps and the remigration and accumulation of hydrocarbons in those traps. The Tertiary in Songliao basin was deposited in a compressor-depressed basin, characterized by limited distribution of formations, coarse-grained clastics, and the uplifted area to be the provenance. Analysis of the Tertiary tectonic deformation ellipsoid in Songliao basin reveals that the direction of compressional stress turned from N-S to nearly W-E in the middle and late Paleogene (since 43 Ma). Under compression at the end of Cretaceous, the moderate-depth and shallow structures grew progressively and provided good traps for hydrocarbon accumulation. The moderate-depth and shallow faults are the result of superposition of multistage fracturing, and faults formed in different stages have different extending characteristics. NE and NNE faults were mainly developed under nearly E-W extensional stress during the deposition of Qingshankou Formation; only the nearly E-W faults were developed under nearly S-N extensional stress at

基金项目: 中国石油天然气总公司“九五”勘探科技攻关项目“松辽盆地地质规律研究及油气资源评价”的三级子课题“松辽盆地中浅层构造特征与形成机制研究”

第一作者简介: 任延广, 男, 40 岁, 副总地质师(博士生), 石油地质、沉积相和含油气系统

收稿日期: 2004- 03- 22

the end of deposition of Yaojia Formation; and the NNW and NW faults were mainly developed under left-lateral compressional shear stress after the deposition of Mingshui Formation. Structural inversion at the end of deposition of Mingshui Formation has resulted in the Songliao basin entering the peak of hydrocarbon generation; and changes of direction of compressional force has resulted in the opening of shallow and moderate depth old faults with different directions, which would consist of multi-directional migration pathways. The compressional setting would not only provide pathways and reservoirs for hydrocarbon migration and accumulation, but would also be favorable for generation and preservation of hydrocarbons, thus realizing good matching of hydrocarbon generation, migration, accumulation and preservation.

Key words: Songliao basin; Himalayan orogeny; Tertiary; petroliferous property; impact

松辽盆地是中国东北地区的一个中生代大型陆相沉积盆地, 油气资源丰富。松辽盆地西部及北部是大兴安岭- 内蒙海西褶皱带, 东北部和东部为黑龙江、吉林海西褶皱带, 南部以一东西向断层与内蒙地轴相隔, 依兰- 伊通断裂带从其东边界通过。它是中、新生代发育的一个断、拗叠合型的裂谷盆地, 盆地发育早期表现为分割性的断陷盆地群, 中、后期演化为统一的大型拗陷盆地。松辽中新生代沉积盆地的形成和发展过程划分为6个演化阶段: 壳下物质热隆起阶段、断陷构造阶段、断拗转化构造阶段、拗陷构造阶段、构造反转阶段和新生代构造松弛阶段^[1]。

松辽盆地拥有世界上最大的陆相油田, 它必然具有得天独厚的地质条件, 尤其是喜山运动。以往对松辽盆地喜山运动研究不够, 一般认为松辽盆地第三纪地层沉积为萎缩沉陷^[2], 经历了3次构造反转(嫩江末、明水末、老第三纪末)。本文从喜山运动的机制出发, 对松辽盆地含油气系统进行了探讨。

1 期次划分

据新构造运动、天然地震、钻探、人工地震、地层构造形迹、卫星遥感等资料, 认为喜山运动各幕在松辽盆地都有表现, 第一、第三幕运动主要受印度板块影响, 产生的区域主压应力为北东- 南西向。第二幕运动主要受太平洋板块影响, 产生的区域主压应力方向为北西- 南东或近东西向。现今第三幕产生北西向构造, 对第二幕和燕山晚幕形成的北东向构造圈闭及其中的油气再运移和聚集有重要影响^[3]。

喜山运动期间, 无论是印度洋板块还是太平洋板块作用占主导地位, 喜山运动对松辽盆地的作用都是通过库拉- 太平洋板块的运动方向的改变来完成的^[1]。热点轨迹和古地磁研究表明, 库

拉- 太平洋板块的运动曾有两重要的转折, 一次是在125~ 70 Ma和70~ 43 Ma之间, 由北西向转向北运动; 另一次是在70~ 43 Ma和43 Ma至现在, 由向北运动转向北西运动。由此看出, 库拉板块在距今43 Ma年到现今以向北西向运动为特征, 而在43~ 70 Ma以向北运动为特征。在板块运动发生改变的情况下, 致使地球动力学环境发生重大改变, 形成了以依舒地堑和敦密地堑为代表的早第三纪断陷盆地。渐新世末(25 Ma)日本海扩张加强, 使研究域内盆地受到了构造挠动(图1, 2)。



图1 六大板块划分图

Fig. 1 Distribution of six plates

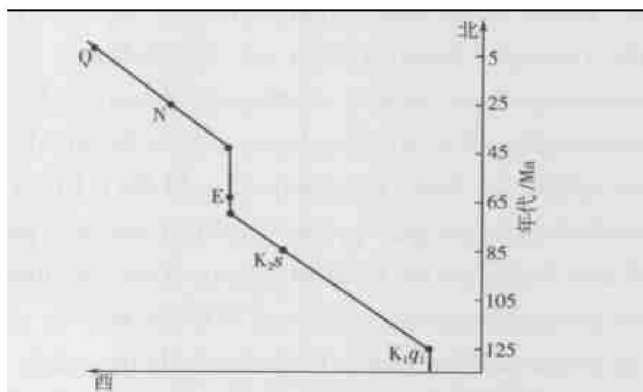


图2 库拉- 太平洋板块运动方向示意图

Fig. 2 Diagram showing direction of Kula-Pacific plate movement

中新世时期(15~5 Ma), 由于太平洋板块向西俯冲, 日本海强烈扩张并形成了新的洋壳, 致使中国东北地区因遭受强烈挤压作用而全面隆起, 局部形成推覆体构造, 并使中、新生代盆地发生构造反转, 东北亚环西太平洋构造域的基本构造格架形成。

上新世(5 Ma)以来, 太平洋板块向日本岛弧下俯冲又转变为北西西向, 由于陆缘增生与扩展, 在东北地区的东部开始进入了新的大陆裂谷发展时期。松辽盆地区域应力场也发生了相应转变。从松辽盆地地层形成时期可知, 松辽盆地老第三系依安组形成于25~63 Ma, 即在依安组沉积到43 Ma时, 在库拉板块向北运动的作用下, 盆地内所形成的主应力场方向为来自南侧的挤压应力, 由此造成盆地南部不断抬升, 成为物源区, 而北部在依安地区缓慢沉降, 形成沉积区; 尤其是在依安组应变椭球体分析和应变轴分析图上可以看出, 依安组的体应变以东西向为主, 南北向为辅, 南北向的挤压力控制着依安组的沉积, 产生东西向的体应变; 南北向的体应变主要是在依安组形成后产生的。在43 Ma到现今, 库拉板块由向北运动转为北西向的运动, 从地层分布的等厚图上可以看出, 大安组、泰康组沉积时, 盆地的挤压应力发生了旋转, 以近东西向的挤压应力为主, 盆地东部大部分地区隆起加剧, 成为物源区, 而在盆地西部形成了南北向展布的条带状沉积; 在大安组的应变椭球体分析和应变轴分析图上可以看出, 大安组主要受到东西向的挤压力, 产生了南北向的体应变(图3)。

2 对沉积体系的控制

盆地充填沉积是构造作用的直接响应, 构造作用不仅控制沉积物的充填厚度和地层的旋回性, 而且还控制着沉积体系类型和内部沉积构成^[5]。

松辽盆地第三系是在挤压背景下形成的。明水末构造应力场最大主应力为压应力, 最小主应力为张应力, 应力大小仍为从下向上变小, 成带性不十分明显。挤压应力场既可使盆地边缘差异性隆起, 又可使盆地中心差异性沉降。一般来说, 挤压背景下, 盆地以挤压变形或抬升为主, 产生可容空间, 有两种情形, 一是在总体挤压背景下, 沉积盆地内局部的下沉或者由于挤压导致扭曲变形, 表现出局部抬升或局部较缓慢的沉降; 二是挤压作用导致的强烈抬升, 从而增大物源区与沉积区

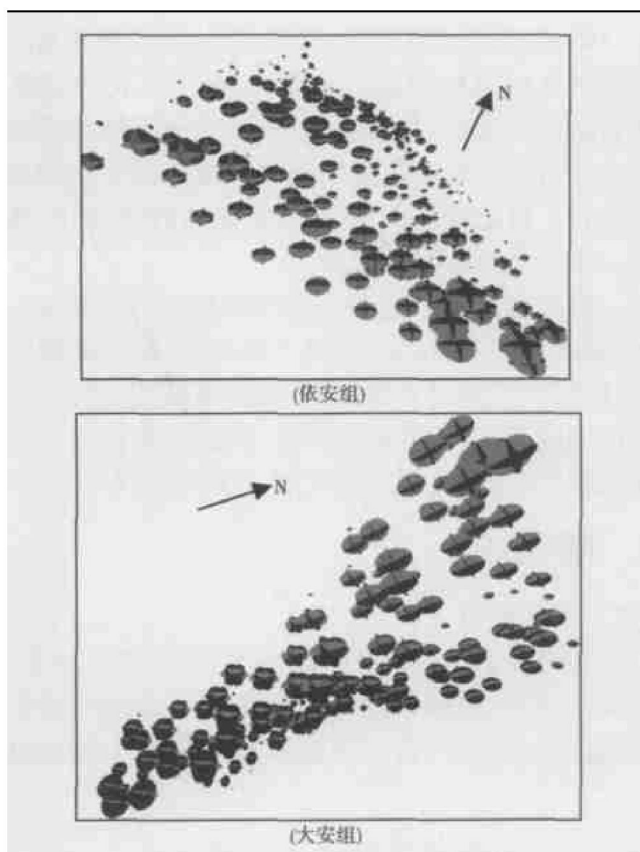


图3 松辽盆地第三系体应变图

Fig. 3 Strain pattern of Tertiary strata in Songliao basin

的高差, 故可沉积和保存部分沉积物^[6]。松辽盆地第三系沉积时可容空间的产生是二者的综合产物。依安组沉积时, 在主要来自南侧的挤压作用下, 南部不断抬升, 并成为物源区, 而在北部依安地区表现出缓慢的沉降。在依安组沉积后期, 盆地的挤压应力发生了旋转, 以近东西向的挤压应力为主, 盆地东部大部分地区(包括大庆长垣)隆起加剧, 成为物源区, 而在盆地西部形成条带状的沉积区。总体来看, 挤压背景下可容空间小, 且沉积速率大多大于沉降速率, 因而盆地充填物岩性粗、充填厚度小。挤压条件的出现意味着沉积盆地的封闭和萎缩, 因此, 主要沉积物为粗碎屑的沉积物, 有时局部出现小规模滨浅湖沉积。

依安组分布在松辽盆地西部的滨州铁路以北地区, 即依安县、林甸县、富裕县等地。埋深在104~380 m, 厚度为0~230 m。依安组为一套滨浅湖相及湖沼相细碎屑沉积建造。主要由泥岩、粉砂岩组成, 成暗色调, 中等成岩。自下而上由细砂岩、粉砂岩、泥岩构成3个沉积旋韵律。以黑鱼泡为沉积中心, 最厚可达300 m。

大安组分布于松辽盆地西部乾安-大安-齐齐哈尔一带, 呈南北向分布。埋深40~400 m, 厚度

0~190 m, 大安组以湖相、河流相为主, 为细碎屑夹含砾砂岩的沉积构造。主要由细砂岩、泥岩及砂砾岩组成。浅灰、灰暗色调, 弱胶结或半胶结低成岩的软岩石。岩石粒度较细的物源来源于白垩系砂泥岩。自上而下具有由粗变细的韵律变化, 构成一个完整的亚沉积旋回。

泰康组分布于松辽盆地西部地区。埋深50~260 m, 厚度0~110 m。该组下部为粗碎屑沉积建造, 以河流边滩相为主, 间有河床滞留相沉积。沉积范围逐渐扩大, 沉积厚度自大安、富裕近南北向的沉积中心向东、西逐渐变薄, 粒度相应变粗。

3 断裂特征

3.1 平面展布

在平面上, 中浅层断裂呈密集条带状展布。 T_1 和 T_2 层断裂可划分出北北东和北北西两组方向的断裂密集带, 其平面展布与基底深大断裂基

本一致。在纵向上, 由深层到浅层, 断层的走向以北北东, 北东向为主转为北北西和北西向为主。 T_{06} , T_1 , T_2 层断层走向北西、北北西向的分别占 69.1%, 65.8%, 51.38%, 而北东, 北北东向的分别占 25.2%, 27%, 43.51%。在青山口组沉积时形成的断层走向一般以北东和北北东向为主, 是在近东西向的张性伸展应力场中形成。而在明水末后形成的断层走向一般以北西和北北西向为主, 是在压扭性应力场中形成, 它们是由于盆地基底北北东向断裂系产生强烈的左行压扭活动, 在北北东向断裂系内派生出大量北西向张性正断层所致。另外, 深层的断裂延伸长度大于浅层的延伸长度。 T_{06} , T_1 , T_2 地震反射层上的断层延伸长度小的走向以北北西和北西向为主, 延伸长度大的走向以北北东和北东向为主。总之, 松辽盆地中浅层断裂由深层至浅层具有延伸长度由大到小, 断层走向由北东到北西的变化趋势(图4)。

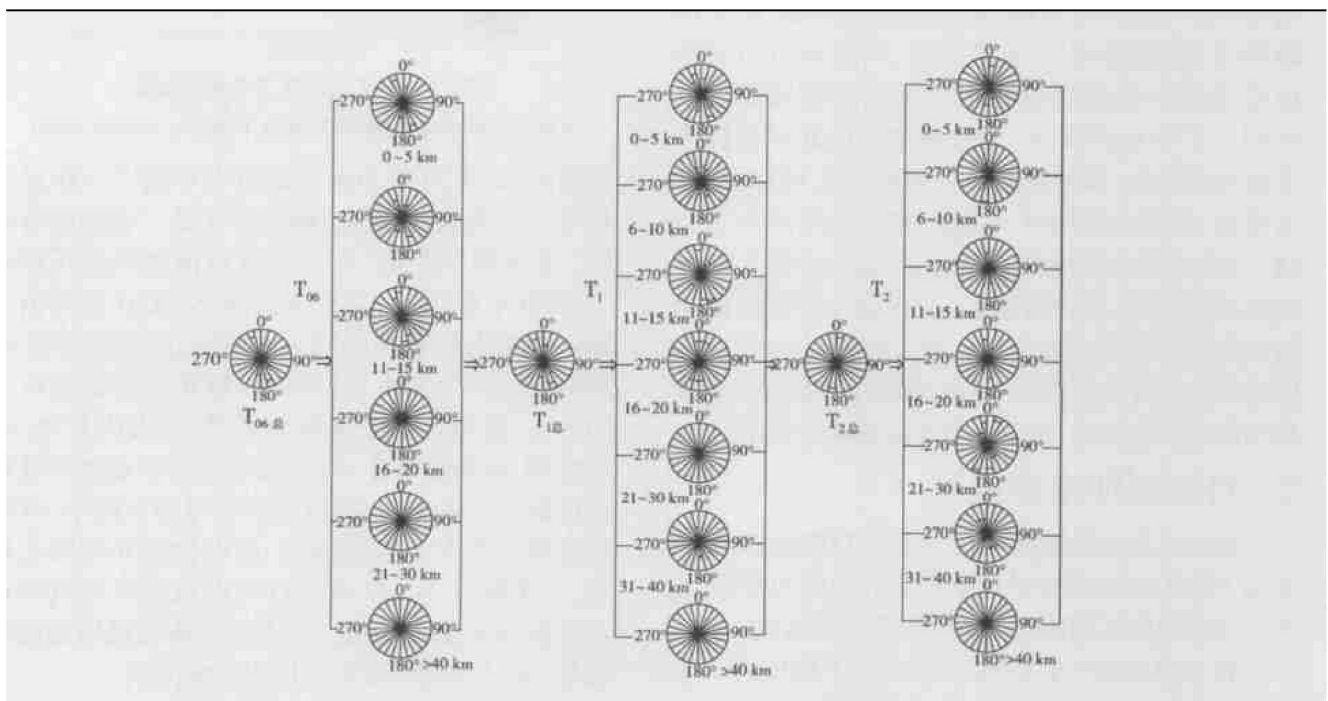


图4 松辽盆地 T_{06} , T_1 , T_2 层断层层延伸特征统计图

Fig.4 Statistics of faults' extensional features in T_{06} , T_1 , T_2 seismic interfaces in Songliao basin

3.2 纵向演化

松辽盆地中浅层断层的发育具有如下特征。

(1) 断层的活动可分为几个不同的期次, 部分断层为多期活动叠加的产物;

(2) 各期形成的断层走向、平面展布及数量都不相同;

(3) 各期断层产生于不同的应力场背景, 主要由于不同时期的应力场性质、大小、方向不同所致。

为了研究不同时期断层的发育特征, 我们选取了松辽盆地北部朝阳沟油田、榆树林油田、昌五、大安北、齐家南-古龙北等几个有代表性的地区,

针对断层的发育特征进行了分析。从断层叠合图中可以看出: 断穿 $T_1 - T_{1-1}$ 层位的断层走向以近东西向为主; 断穿 $T_1 - T_2, T_{2-2}, T_3$ 层位的断层走向以北北西向为主, 北东向次之; 断穿 T_2 层以下的断层走向则以北东向为主。

前人研究^[7,8]表明松辽盆地东缘许多活动断裂还充当了主级或次级的新构造运动分区边界, 这说明东北地区的活动断裂对该区的新构造运动具有决定性的作用。地震剖面显示, 第四系沉积前, 盆地发生了区域性的伸展作用, 形成了一些正断层, 断穿深度不大, 一般收敛于下伏的第三系或上白垩统的塑性岩层中。第三系沉积时没有发生断裂活动, 而松辽盆地的逆断层则是在明水末的挤压作用下形成的。

4 对含油气性的控制作用

4.1 构造圈闭

从引张沉降到挤压上隆变形是盆地构造演化的一般模式。后期的压性变形往往又是油气构造圈闭的最后定型期。晚白垩世明水组沉积末期, 由于太平洋板块的俯冲, 区域挤压应力变为近东西向。与嫩江末相比, 明水末构造应力场最大主应力方向与应力集中带的夹角接近 90° , 因此, 所产生的构造变形机制以基底断层收缩并导致盖层反转为上, 不会发生明显的走滑作用和扭动构造形成, 即明水末是断层和地层反转的主要时期, 这与地质历史恢复结果相一致, 反转作用的主要发育区仍集中在基底断裂带附近, 为基底断层-上覆盖层复合反转(图5)。盆地内大多数北北东向、北东向和近南北的断陷期控陷基底断裂开始反

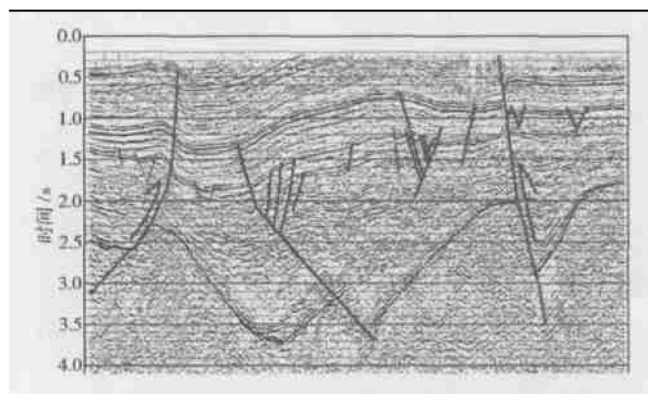


图5 松辽盆地南部喜山期构造反转剖面(568线)

Fig. 5 Cross section(line 568) showing structural inversion in Himalayan period in southern Songliao basin

转, 中央拗陷区和东部隆起区形成了大量正反转构造, 尤其嫩江末形成的小幅度反转构造重新激活, 反转加剧。长春岭地区沿莺山断裂形成长春岭背斜带, 本期构造运动形成了中浅层构造格局(图6)。



图6 松辽盆地 T_1 层构造圈闭平面分布图

Fig. 6 Distribution of structural traps in T_1 seismic interface in Songliao basin

该期所形成的反转构造实际上反映了侏罗纪、白垩纪以至早、晚第三纪4期张扭性和压性构造样式的叠加。在地震剖面上白垩系顶界面均表现为削截终止, 为一区域性的角度不整合面, 第三系、第四系超覆在它上面, 进而确定出白垩纪末到第三纪末为中浅层构造反转期。松辽盆地喜山运动中形成的反转构造带自西北向东南雁行状展布, 可分为克山-龙虎泡-红岗反转带、大庆-乾安反转带、青岗-安达反转带和哈尔滨-梨树反转带^[8]。

盆地内反转构造的走向均为北东向或北北东向, 盆地东南区构造反转最强烈, 总体上反转强度自东南向西北方向衰减, 具有“东强西弱、南强北弱”的特点。

盆地东部生长断层的活动到青山口组末期才结束。由于生长断层活动期间泉头组三段、四段, 尤其是青山口组的沉积物基本处于塑性状态, 因此构造裂缝不发育。松辽盆地伸展期形成的裂缝

由于经历了较长时间的成岩作用,裂缝多被方解石充填,有效程度低。进入喜山运动反转构造期后,盆地内储层已经成岩,在挤压作用下形成了构造裂缝,为构造裂缝型油气藏的形成奠定了基础^[9]。

4.2 多期、多方位的油气运移

松辽盆地具有3套烃源岩。深部烃源岩包括侏罗系煤系和下白垩统登娄库组二段暗色泥岩。中部烃源岩指中白垩统青山口组和嫩江组中富含有机质的半深湖-深湖相黑色泥岩。浅部烃源岩指中白垩统嫩江组四段、五段和上白垩统明水组烃源岩。

明水末至老第三纪晚期,中部、浅部两套烃源岩处在生烃高峰期,同时也为深层二次生油提供了较有利的时机。上侏罗统与登娄库组沉积后,盆地上升并遭受剥蚀,此时不具备油气生成条件。其后,由于上覆沉积的增多,必然要承受较大的负荷,加上明水末的挤压构造运动的影响,导致地层逐渐升温。挤压构造应力在油气藏生成及分布过程中发挥了重要作用:一方面构造应力通过产生机械能及化学作用促进了干酪根热降解,促进了油气的生成;另一方面构造应力通过影响油气的流体势,使油气从高势区向低势区运移,并同时使油气得到富集^[10]。构造应力是地壳中最为活跃的能量之一,其产生的能量已为地壳中岩层的各种变形所证实。索洛维耶夫等^[11]指出,由构造变形转变而来的机械能是构造变形过程中补充放热的主要原因。机械能可转化成热能,在强烈挤压带,这种热能特别大。其表现形式是:(1)沿断裂面的摩擦热;(2)可塑性变形时内部的摩擦热;(3)应力松弛时的弹性变形热。因此,从明水末发生构造反转松辽盆地开始进入生烃高峰期。此时,不仅中浅层产生大量的油气,同时在深层会形成煤成气,而且还会产生高温裂解的干气。松辽盆地在近南北向挤压力的作用下,北北东向的断层开启,油气沿这两组方向的断层发生垂向运移。老第三系晚期,挤压应力变为近东西向,北北西、北西、近东西向的断层开启,油气沿着这3组方向的断层发生垂向运移。挤压背景不但为油气聚集提供了场所,同时有利于油气的保存。在挤压背景下,很少产生新的断层,尤其是断穿到地表的断层,这样有利于油气的保存,不易于油气的扩散。总之,晚期的压性变形不但为油气的聚集提供了构造圈

闭,同时使油气生成、运移、聚集和保存得到了良好的匹配。

4.3 黑帝庙油层天然气分布

大庆长垣及其西部地区分布有大量的 T_2-T_{06} 或 T_1-T_{06} 断层,它们大多数为北西向,形成时间较晚,主要是在嫩江末的压扭作用下形成的,大部分是一些张性正断层,活动期间具明显的开启性。而晚白垩世末至第三纪期间,正是青山口组和嫩江组一、二段烃源岩的大量排烃时期,因此, T_2-T_{06} 或 T_1-T_{06} 断层便成为运移的通道,使青山口组和嫩江组一、二段生成的天然气运移至黑帝庙油层中。因此,黑帝庙油层只有在 T_2-T_{06} 或 T_1-T_{06} 断层发育的地方,与背斜、断鼻和岩性等圈闭配合,天然气才能聚集成藏;否则无天然气成藏。黑帝庙油层中获得工业气流井和少量气流井都与 T_2-T_{06} 或 T_1-T_{06} 断层有着密切关系,不是分布在断层的下盘,就是分布在断层的上盘,离断层的距离最大不超过3 km,大多数小于1 km。这充分表明了 T_2-T_{06} 或 T_1-T_{06} 断层对该区黑帝庙油层天然气分布的控制作用。

参 考 文 献

- 1 罗乌清,姜贵周.松辽盆地中生代构造演化[J].大庆石油学院学报,1993,17(1):8~16
- 2 高瑞祺,蔡希源,徐宏,等.松辽盆地油气田形成条件与分布规律[M].北京:石油工业出版社,1997.35~40
- 3 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,1982,13(4):398~406
- 4 Hilde T W C, Uyeda S, Kroenke L. Evolution of the Western Pacific and its margins[J]. Tectonophysics, 1997, (38): 145~165
- 5 焦养泉,周海民,刘少峰,等.断陷盆地多层次幕式裂陷作用与沉积充填响应[J].地球科学——中国地质大学学报,1996,21(6):635
- 6 解习农,程守田,陆永潮.幕式构造旋回与层序构成[J].地球科学——中国地质大学学报,1996,21(1):28~32
- 7 万波,钟以章.东北地区的新构造运动特征分析及新构造运动分区[J].东北地震研究,1997,13(4):64~75
- 8 张功成,徐宏,刘和甫,等.松辽盆地反转构造与油气田分布[J].石油学报,1996,17(2):9~14
- 9 张莉,岳乐平,杨亚娟,等.反转构造盆地裂缝特征——以松辽盆地大庆三肇地区为例[J].石油与天然气地质,2002,23(4):361~367
- 10 孙楠,谢鸿森,郭捷,等.构造应力与油气藏生成及分布[J].石油与天然气地质,2000,21(2):99~103
- 11 Соловьев Н Н, Амурский Г И. Тектонодинамика и нефтегазоносность[J]. Геотектоника, 1984, (1): 34~45