

# 汤原断陷断裂构造特征 及其对油气成藏的控制作用

罗 群 白新华

(大庆石油学院, 安达 151400)

**摘要** 汤原断陷是典型的受断裂控制的陆相盆地。盆地内断裂极为发育。断裂的发育主要有 NE 向和 NW-NWW 方向, 断裂的分布具有东西分带, 南北分群的特征。按断裂的成因类型可划分出 7 种类型。断裂对油气生成、运聚及成藏的控制作用主要表现在: 基底大断裂控制了烃源岩的展布, 主干断裂控制了圈闭的形成和分布, 断裂为油气运移提供了通道作用, 断裂的封闭性为油气的聚集成藏提供了遮挡条件。

**关键词** 汤原断陷 断裂构造 油气 控制作用

**中图分类号** P542.3

**第一作者简介** 罗群 男 36 岁 博士生 石油天然气地质学专业 已发表“复杂地区地震资料解释技术及其在汤原应用”等论文

## 1 地质背景及勘探现状

汤原断陷位于黑龙江省鹤岗市、汤原县、萝北县及桦川县境内, 即东经  $129^{\circ}12' \sim 130^{\circ}59'$ , 北纬  $46^{\circ}12' \sim 47^{\circ}52'$ , 面积  $3\,320\text{ km}^2$ 。

在区域大地构造单元上, 汤原断陷位于依一舒地堑最北端, 是依一舒地堑内的一个次级构造单元。其北部为鹤岗盆地, 南部为佳木斯盆地, 东临三江盆地。

汤原断陷是大庆油田外围盆地中油气勘探程度相对较高的地区, 目前断陷内已完成  $1\text{ km} \times 2\text{ km}$  测网地震精查。龙王庙、互助村、吉祥屯和新民地区已完成三维地震  $539.4\text{ km}^2$ 。完钻参数井 4 口, 探井 11 口, 评价井 3 口, 地质浅井 4 口。其中汤参 2 井、吉 1 井、互 1 井三口井获工业气流。互 6 井等井见油砂, 已发现吉祥屯、互助村两个具有工业价值的含气区带和一批具有较好油气显示的圈闭。

## 2 汤原断陷断裂构造特征

汤原断陷是典型的受断裂控制的陆相断陷盆地。断裂十分发育, 将整个盆地切割得十分破碎。在研究中共解释组合出大小断层 240 余条。其中有近 40 余条对本区的构造演化、沉积和局部构造有明显的控制作用。

### 2.1 断陷构造格架

汤原断陷是受东部大断裂控制的西超东断的箕状断陷。其中大断裂以东为东部凸起, 西部超覆剥蚀线以西为西部隆起。东部凸起与西部隆起之间, NE 方向展布的为汤原断陷。构成汤原断陷的主干构造有两组, 一组是与边界大断裂近于平行的褶皱和断层; 一组是与大断陷近于垂直或大角度相交的褶皱和断层, 由东向西分别为东部向斜带、中央隆起带和西部斜坡。两组骨干构造构成了汤原断陷东西分带, 南北分块的构造格架。

### 2.2 断裂分布特征

**断裂的平面分布特征** 由图 1 可以明显看出, 在平面上汤原断裂的发育主要有两个方向, 即 NE 向和 NW-NWW 向。断裂的分布具有东西分带, 南北成群的特点。东西分带是沿断陷长轴方向, 断裂的分布有东西分带的趋向, 即大致以 320 地震测线以东为东部断裂带, 320~330 线之间为中部断裂带, 330 线以西为西部断带; 南北成群是指由于  $F_3$ 、 $F_4$ 、 $F_5$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$  等 NW 向的横档断层的分割作用, 尤其是在断陷的中西部断裂成群分布。 $F_4$  以北为军校屯断裂群;  $F_4$  与  $F_3$  之间为龙王庙断裂群;  $F_3$ 、 $f_1$  之间为景阳一望江断裂群;  $f_1$  以南为胜利断裂群。每个断裂群都自成体系, 有不同的成因特征。

**断裂纵向分布特征** 从所解释的地震剖面看, 较可靠的断裂 (指平面延伸长度大于  $3\text{ km}$ ) 绝大多数都从  $T_3$  断至  $T_3$ , 而断开  $T_2$  和  $T_1$  的断裂相对较少。依据所断开的层位, 可将断裂分为四类: 第一类



图 1 汤原断陷主要断裂分布图

Fig. 1 The main faults distributing map of Tangyuan

是只断开基底  $T_5$  层的断裂。这类断裂较少,主要分布在西部斜坡和向斜区;第二类是只断开上部  $T_1$  或  $T_2$  的断裂,这类断裂也很少见;第三类是只断开  $T_3$  或  $T_4$  层的,“上下都不断”的断裂,也不常见;第四类是从  $T_3$  或  $T_4$  一直向下断到  $T_5$  的断裂,这类断裂非常多,是主要的断裂类型。它反映了本区大多数断裂具有断开层位多,延伸远,多次活动的特点。

### 2.3 断裂的成因类型

对断裂进行成因分类,主要依据断裂现今几何特征,结合断裂形成的基本应力模式,参考区域应力演化历史,判断断裂的形成原因。汤原断陷的断裂成因类型主要有以下 7 种:

(1) 拉张或张扭正断层,这类断裂是在区域张性、张扭性应力状态下形成的断层。如区内  $F_1$ 、 $f_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_{17}$ 、 $f_{12}$  等都为这类断层。

(2) 挤压或压扭逆断层,这类断层是在区域挤压或以压为主的压扭应力作用下形成的逆断层。本区发育大大小小的这类逆断层有 30 余条。其中规模较大的有  $F_{13}$ 、 $F_{14}$  等。

(3) 力偶作用下的走滑断层,本区的走滑断层主要表现为两种:一是纯剪切应力状态下,形成断面近于直立,延伸较远,近于呈直线延伸的断裂,如  $F_4$ 、 $F_8$ 、 $F_9$  等,为直扭走滑断层。另一种形式是在压扭应力状态下形成的由主干断层与其分支断层组成的花状断裂,如  $F_{12}$  断层为主干断裂的龙王庙构造上的分

支断层所组成的正花状断裂组合。

(4) 挤压背斜顶部的滑脱正断层,这类断层的形成是由于受到挤压,地层发生褶皱,在背斜顶部产生局部张性应力场,进而产生正断层,如军校屯构造上的  $F_{30}$ 、 $F_{31}$  即是这类断层。

(5) 反转断裂,这类断裂是指由于应力状态发生变化,断裂性质也发生改变的断裂。可进一步分为正反转断裂和负反转断裂。正反转断裂早期受张应力而形成正断层,后期应力状态转变为挤压,使原来正断层上盘地层逆冲回返,形成逆断层,如  $F_5$  断裂即有这种特点。负反转断裂与正反转刚好相反,当早先的挤压构造体系转化为伸展构造体系时,则形成负反转构造,如本区的  $F_6$ 、 $F_{10}$ 、 $F_{11}$  等在  $F_5$  断层以北具有明显负反转断裂特征。

(6) 旋转断裂,在直扭应力下,地层以某一点为轴发生旋转,形成轴的一端为正断层,另一端为逆断层,如  $F_{33}$  断层。

(7) 顺层滑脱断裂,这类断层是以基底  $T_5$  层面为断层面,下第三系的盖层在区域应力作用下顺  $T_5$  基底面滑动。这类断层可正、可逆,也可成为正反转断层。如  $f_4$ 、 $f_9$  等。

## 3 汤原断陷断裂对油气成藏的控制作用

众所周知,陆相盆地一个显著的特点就是断裂十分发育。断裂对盆地的形成、演化及沉积等有着明显的控制作用。盆地是形成油气藏的基本构造单元,“油气存在于盆地之中”,因而从这个意义上讲,断裂对油气藏的形成、分布必然起到控制作用。这种控制作用具体表现在如下三个方面。

### 3.1 边缘大断裂控制烃源岩的展布

汤原断陷是受断裂控制的断陷盆地。断裂的形成发育过程控制着盆地内向斜区沉积物的厚度及沉积物的分布,也就是控制了断陷内烃源岩的分布。从目前钻井和地震剖面所提供烃源岩分布上看,本区的主要生油凹陷区是:东兴向斜、双兴向斜、梧桐河向斜、新华向斜、鹤立向斜、荣丰向斜和东发向斜。已经证实,东兴向斜是烃源岩发育最好的地区,表 1 是汤原断陷主要生油区烃源岩综合评价表。上述向斜都不同程度受断裂控制。如位于盆地东侧的四个向斜(梧桐河、双兴、东兴、东发)受盆地边缘大断裂  $F_1$  和一系列将盆地切割成若干块的近 EW 向横挡断裂  $F_4$ 、 $F_3$ 、 $f_6$ 、 $f_3$  的控制。中央隆起带西部边缘断裂  $F_6$ 、 $F_{11}$ 、 $F_{13}$ 、 $F_{22}$  和  $f_5$  控制着新华、鹤立和荣丰三个向

斜的发育。从东兴向斜来看, F<sub>1</sub> 断裂控制着沉积相带展布和沉积物的分布。F<sub>1</sub> 断裂使东兴向斜沉降速度大于沉积速度,所以东兴向斜属于欠补偿沉积类型,靠近 F<sub>1</sub> 断裂的东兴向斜长期以深湖—半深湖相沉积为主,暗色泥质岩十分发育,具有良好的烃源

岩。而双兴向斜,尽管与东兴向斜相似,同样受 F<sub>1</sub> 断裂的控制,但在其发展过程中,由于受 F<sub>3</sub> 断裂和多物源的控制,致使双兴向斜形成了堆积速度大于沉降速度的过补偿型沉积,导致双兴向斜地区大面积以湖沼相沉积为主,烃源岩不很发育。

表 1 汤原断陷各二级凹陷烃源岩综合评价表

Table 1 The integrative assessments on the source rocks in depression of Tang yuan fault basin

二级凹陷	面积 /km <sup>2</sup>	沉积岩最大厚度 /m	源岩层位及厚度 /m	总有机碳含量 %	氯仿沥青含量 “A” %	母质类型	R <sub>0</sub> %	源岩综合评价结果	资源量气 × 10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> ;油 × 10 <sup>6</sup> t
东兴向斜	280	6 000	E <sub>2</sub> <sup>3</sup> (800)	$\frac{1.002 \sim 2.208}{1.604}$	$\frac{0.0189 \sim 0.0424}{0.0325}$	III 3	0.35~ 0.50	好气源岩	气: 80~ 120
			E <sub>2</sub> <sup>1</sup> (200)	$\frac{0.516 \sim 2.469}{1.432}$	$\frac{0.0080 \sim 0.3484}{0.0488}$	II B	0.55~ 0.81	较好油气源岩	油: 0.3~ 0.6
鹤立向斜	150	3 200	E <sub>2</sub> <sup>3</sup> (350)	$\frac{1.25 \sim 1.922}{1.35}$	0.035 6	III	0.35~ 0.41	较好气源岩	气: 45~ 90
			E <sub>2</sub> <sup>2</sup> (300)	$\frac{1.76 \sim 1.975}{1.865}$	$\frac{0.0207 \sim 0.0607}{0.0313}$	II B	0.55~ 0.85	较好油气源岩	油: 0.5~ 0.8
荣丰向斜	150	3 500	E <sub>2</sub> <sup>1</sup> (450)	$\frac{0.768 \sim 2.070}{1.75}$	$\frac{0.0073 \sim 0.0177}{0.121}$	II B- III	0.59~ 0.70	较好油气源岩	气: 50 50~ 80 油: 0.3~ 0.8
双兴向斜	200	7 400	E <sub>2</sub> <sup>2</sup> (150)	$\frac{0.399 \sim 2.274}{1.52}$	$\frac{0.162 \sim 0.0689}{0.0219}$	II B	0.30~ 0.50	较差油气源岩	气: 20~ 80
			E <sub>2</sub> <sup>3</sup> (75)	$\frac{0.542 \sim 3.357}{1.85}$	$\frac{0.003 \sim 0.1124}{0.01646}$	III	0.055~ 1.10		油: 0.05~ 0.1
梧桐河向斜	200	5 000	$\frac{E_2^3(350)}{E_2^2}$		未钻探			较好	
新华向斜	150	4 000	E <sub>2</sub> <sup>1</sup> (150)		未钻探			较差	

鹤立向斜是受 F<sub>3</sub>、F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub> 断裂控制,形成早期的向斜构造,其沉积物源主要是西部物源。从汤参 3 井所揭示的地层剖面看,其烃源岩较为发育,是一有利的生油凹陷。

上述分析表明,由于断裂的规模、形成时期的不同,加之沉积物的物源不同,沉积物沉积速率与盆地沉降速度不同,不同向斜受断裂切割程度不同,因此,不同向斜区内烃源岩的发育和分布也不同。总的看来,烃源岩的平面分布和纵向发育都不同程度地受断裂的控制。

### 3.2 主干断裂控制圈闭的形成和分布

主干断裂是指盆地内一、二级大断裂。汤原断陷构造圈闭主要分布在断陷的东部和中部,即沿东部边界在断裂 F<sub>1</sub> 上盘分布的东部圈闭带,沿中央断裂带分布的中部圈闭带(图 2)。

(1)沿 F<sub>1</sub> 边界断裂分布的半背斜或断鼻圈闭

带,这个圈闭带由于受 F<sub>1</sub> 断层控制,多具有同沉积性质,并且大多与 F<sub>1</sub> 边界断裂一起构成同沉积背斜和半背斜。主要包括东 1—东 8 号圈闭,双 1—双 6 号圈闭及梧 1—梧 3 号圈闭。主干断裂 F<sub>1</sub> 为长期继承发育的张性正断层。

(2)中央凸起带上的吉祥屯断块圈闭带,这是一个典型断块圈闭构造。其上发育了吉 1—吉 6 号 6 个断块圈闭。目前获得工业气流的汤参 2 井和吉 1 井都位于吉 1 号圈闭上。其控制性主干断裂 F<sub>3</sub> 为同生断裂。

(3)中央隆起带上的互助村断块圈闭带,宏观上分析这是一个受挤压作用,沿反转断裂 F<sub>3</sub> 反转的背斜构造,这个背斜被 F<sub>19</sub> 号断层及其一系列派生断层分割,具有多个构造高点。包括了互 1—互 9 等 9 个断块圈闭。

(4)龙王庙背斜圈闭带,龙王庙构造是受挤压作

用逆冲在 F<sub>13</sub>断裂上盘的背斜构造 该背斜被一系列 NWW向和 NE向断层分割成局部构造。

1- 龙 17号圈闭

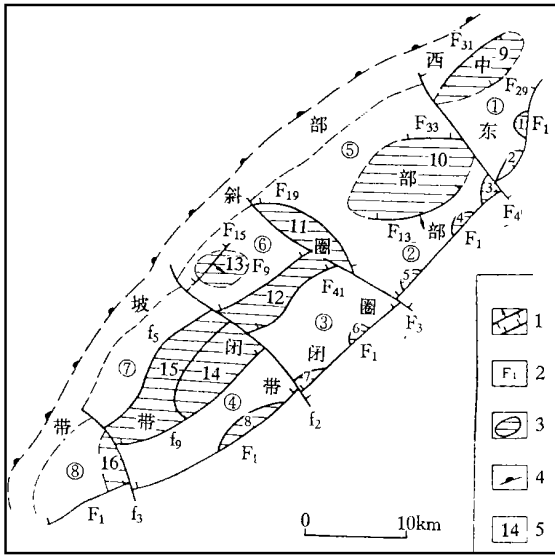
(5)断陷最北端的军校屯圈闭带,这个圈闭带主要受 F<sub>29</sub> F<sub>31</sub>等后生正断层及其派生断层控制,为单断型圈闭

(6)永丰构造圈闭带,主要受 F<sub>15</sub>号断层及其派生断层控制的背斜和断块型圈闭。

(7)景阳构造圈闭带,主要是由 f<sub>5</sub>等一系列断层切割的多个断块构造圈闭组成。

(8)胜利构造圈闭带,这个圈闭带位于断陷的最南端,主要受 F<sub>1</sub> f<sub>3</sub>及派生断层控制,为断块型圈闭。

2中可以看出,几乎所有的圈闭都与断层有关,断层的形成及其发育史是圈闭形成和发育的最主要因素



2

Fig. 2 The traps distribution map in Tangyuan depression

东部圈闭带: 1. 梧 - 3; 2. 梧 - 1; 3. 双 - 6; 4. 双 - 5; 5. 双 - 2; 6. 东 - 4; 7. 东 - 1; 8. 发 - 1; 中部圈闭带: 9. 军校屯圈闭带; 10. 龙王庙圈闭带; 11. 互助村圈闭带; 12. 吉祥屯圈闭带; 13. 永丰圈闭带; 14. 望江圈闭带; 15. 景阳圈闭带; 16. 胜利圈闭带; 向斜区: ① ; ② ; ③ ; ④ ; ⑤ ; ⑥ ; ⑦ ; ⑧

3.3

,陆相断陷盆地沉积相变剧烈

,油气沿输导层侧向运移不畅通。 ,油气只在源岩及其附近的圈闭中聚集 ,则为油气的运移提供了有利的运移通道。

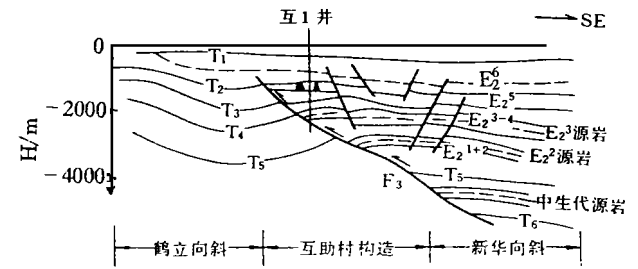
,在成因类型及活动史特征方面,属于中后期多次反转的断裂,尤其是多期正反转断裂如 F<sub>3</sub>,与孔隙和裂缝相比,这类多期开启的断裂具有更通畅的运移的性质,油气在压力的作用下将很容易地沿断裂进行运移

1井位于互 2号构造上,在 E<sub>5</sub>段地层获工业气流。 ,所产天然气为生物 - 热催化混合天然气。

C<sub>6</sub><sup>+</sup>含量明显增多,而 C<sub>5</sub><sup>+</sup>、C<sub>6</sub><sup>+</sup>等烃类是热解成因的。 E<sub>5</sub>段自生自储生物成因气外,另有成熟油气的迁入。

E<sub>3</sub>段。 E<sub>5</sub>段与 E<sub>3</sub>段之间有数百米厚的大套泥岩。 ,这些成熟的油气只能通过断层向上运移进入互助村构造。 ,我们在互 6井 E<sub>3</sub>段发现有油迹,取样分析化验表明为典型的煤成油

3所示, F<sub>3</sub>断层是沟通互助村反转构造圈闭和 E<sub>3</sub>段成熟烃源岩的通道。



3

Fig. 3 Map of migrating sketch for Huzhucun gas accumulation

(2)封闭的断裂为油气聚集成藏提供了有利的遮挡条件。

,使之聚集成藏。 ,位于中央隆起带的中西部,是由多个断背斜组成 1号局部构造,西部边界为 F<sub>9</sub>断层。

,F<sub>9</sub>断层在此段具有良好的封闭性,形成了有效的遮挡。 2 1井获高产气流,发现了吉

。 ,  $F_9$  和  $F_4$  等 断 层 将 断 背 斜 分 割 破 碎 , 形 成 了 多 个 分 割 性 的 断 块 , 由 于 分 支 断 裂 封 闭 性 较 差 , 因 此 所 钻 的 吉 101, 吉 201, 吉 5 井 等 均 未 见 油 气 显 示。

。 , 发 育 于 泥 地 比 高 的 地 区 的 断 层 , 以 及 断 层 逐 渐 消 失 的 部 位 , 都 具 有 良 好 的 封 闭 性。 , 或 者 砂 泥 对 接 可 能 性 小 , 或 断 距 小 , 有 利 于 断 裂 带 的 闭 合 而 形 成 封 闭 , 如  $F_9$  断 裂 南 段 因 在 目 的 层 段 沉 积 时 期 水 体 变 浅 , 泥 地 比 变 低 , 增 大 了 油 气 的 渗 漏 性 , 加 上 断 裂 交 叉 增 多 , 致 使 吉 141 201 5 等 井 落 空。

, 还 有 其 它 的 一 些 作 用。

4

, 其 断 裂 构 造

十 分 发 育 , 按 断 裂 形 成 的 力 学 机 制 可 划 分 出 : 拉 张 、 、 7 种 成 因 类 型。

, 其 中 多 期 正 反 转 断 裂 发 育 形 成 的 圈 闭 应 成 为 下 一 步 勘 探 的 重 要 目 标

- 1 . 中 国 中 新 生 代 沉 积 盆 地 . 北 京 : 石 油 工 业 出 版 社 , 1990
- 2 . 断 裂 构 造 研 究 . 北 京 : 地 震 出 版 社 , 1996
- 3 , 费 琪 , 张 嘉 华 , 等 . 石 油 勘 探 构 造 分 析 . 武 汉 : 中 国 地 质 大 学 出 版 社 , 1993
- 4 , 萧 德 铭 , 蔡 希 元 . 大 庆 探 区 油 气 勘 探 新 进 展 . 北 京 : 石 油 工 业 出 版 社 , 1995

## THE FAULT TECTONIC FEATURES AND ITS CONTROL ROLES TO OIL AND GAS ACCUMULATING IN TANGYUAN FAULT DEPRESSION

Luo Qun, Bai Xinhua

(Daqing Petroleum Institute, Anda 151400)

**Abstract** Tangyuan fault depression is a typical on shore basin controlled by faults. The faults developed very well in this depression. There are two main ranging directions NE and NW- NWW directions. The fault distribution has the characteristics of east- west dividing zones and south- north dividing blocks, the faults are divided into seven genetical types. The roles of the fault controlling on oil and gas occuring, migrating and accumulating are shown by the base big fault controlling on hydrocarbon organic source distribution, and the main fault controlling on trap formation and distribution. Faults worked as oil and gas migrating channels during fault opening. Seal faults provided good conditions for stopping oil and gas moving and accumulating.

**Key words** Tangyuan fault depression, fault structure, oil and gas, controlling role