

徐家围子断陷断裂对盖层及天然气分布的影响^{*}

刘安英 包丽

中国石油大庆油田有限责任公司勘探开发研究院

刘安英等.徐家围子断陷断裂对盖层及天然气分布的影响.天然气工业,2009,29(8):8-11.

摘 要 松辽盆地北部徐家围子断陷主要发育泥岩、火山岩和泥质砾岩 3 种类型的岩性盖层,其分布已趋于明朗,但针对断裂对盖层的破坏程度及断裂与天然气藏分布之间关系的研究则相对比较薄弱。综合利用地质及地球物理资料,分析断裂发育分布特征及其对盖层的破坏程度,发现徐家围子断陷发育有不同方向的断层,由下至上断裂密度逐渐增大。以下白垩统登娄库组二段为界,上部主要发育 $T_{32} \sim T_2$ 、 $T_{31} \sim T_2$ 、 $T_3 \sim T_2$ 断裂,下部主要发育 $T_5 \sim T_{32}$ 、 $T_{41} \sim T_{32}$ 、 $T_{42} \sim T_{32}$ 断裂,下白垩统营城组一段顶部局部盖层被断裂完全破坏,登娄库组二段及其以上区域性盖层被断裂破坏程度小。总之,区域性盖层被断裂破坏程度小,有利于天然气在其下大规模聚集成藏;局部盖层被断裂破坏程度大,造成天然气聚集分散。

关键词 松辽盆地 徐家围子断陷 断裂 盖层 破坏程度 天然气分布

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.08.003

徐家围子断陷是松辽盆地北部深层天然气勘探的重点地区。在构造上是由徐西主干边界断裂控制形成的箕状断陷,由宋站低隆起和丰乐低隆起分割成南北 3 个局部断陷,它们分别是安达次拗、杏山次拗和薄荷台次拗。目前该断陷已发现了昌德、昌德东、升平、汪家屯、芳深 9 井、肇深 10 井和徐深大气田,充分展示了该断陷天然气的潜在远景。然而,徐家围子断陷天然气纵向分布层位多,从基岩至下白垩统泉头组一、二段皆存在分布,平面上也主要集中在昌德、升平、汪家屯和兴城等地区。造成该断陷天然气如此分布除了与下白垩统沙河子组气源分布、火山岩储集体分布和断裂展布有密切关系外,盖层在某种程度上起到了非常重要作用,这不仅表现在盖层发育及分布上,更重要的是反映在盖层被断裂破坏的程度。关于盖层分布对天然气成藏与分布

的研究前人曾做过大量研究工作^[1-15],但针对断裂对盖层的破坏程度及断裂与天然气藏分布之间的关系的研究相对比较薄弱。因此,开展断裂对盖层破坏程度与天然气分布之间的关系研究,对于正确认识徐家围子断陷天然气成藏规律和指导天然气勘探具有重要意义。

1 盖层发育及分布特征

天然气钻探表明,徐家围子断陷天然气盖层主要有泥岩、火山岩和泥质砾岩 3 种岩性,泥岩盖层主要发育于下白垩统登娄库组二段及其以上地层中(见表 1),累计厚度以泉一、二段最大,为 200~600 m;其次是登四段,累计厚度为 60~530 m;再次是登二段,累计厚度为 50~520 m;最小为登三段,累计

表 1 徐家围子断陷盖层发育及分布特征表

| 层 位 | 岩 性 | 盖层厚度(m) | 分布区域 | 盖层性质 |
|--------------|-----------------|---------|---|------|
| 泉一、二段 | 泥岩 | 200~600 | 全区分布 | 区域盖层 |
| 登四段 | 泥岩 | 60~530 | 全区分布 | 区域盖层 |
| 登三段 | 泥岩 | 50~450 | 全区分布 | 区域盖层 |
| 登二段 | 泥岩 | 50~520 | 全区分布 | 区域盖层 |
| 营城组 火山岩顶部 | 泥岩、高声波 时差火山岩 | 几米至 140 | 主要分布在徐东、昌德及徐深区块以南地区, 其中徐深 3、301、10、602 井缺失这套盖层 | 局部盖层 |

* 本文受到国家重点基础研究发展计划(973 计划)(编号:2009CB219308)的资助。

作者简介:刘安英,女,1965 年生,助理工程师。地址:(163712)黑龙江省大庆市大庆油田有限责任公司勘探开发研究院勘探二室。电话:(0459)5508139。E-mail:liuay@petrochina.com.cn

厚度为50~450 m。但这4套盖层泥岩单层厚度小,横向分布连续性差,尽管它们均全区分布,但其封闭质量较上部青山口组和嫩江组一、二段两套区域性盖层质量要差。火山岩盖层主要发育于营城组内,按其特征又可分为高声波时差火山岩和低声波时差火山岩两种,高声波时差火山岩主要为凝灰岩、火山角砾岩,其次是流纹岩、角砾熔岩、安山岩和酸性喷发岩,厚度为几米至140 m,主要分布于断陷南部营一段火山岩体顶部,为局部盖层。低声波时差火山岩主要为流纹岩,其次为凝灰岩、熔结凝灰岩和火山角砾岩,安山岩和玄武岩相对较少,主要分布在营一段和营三段火山岩体内部,呈夹层形式存在。泥质砾岩主要分布在营四段,单层厚度小,厚度为0~5 m,也呈夹层形式出现。

2 断裂分布特征及其对盖层的破坏作用

2.1 断裂发育及分布特征

徐家围子断陷内断裂发育,如表2所示。断裂展布方向除在营城组为南北和北北东向展布外,登娄库组和泉一、二段皆为南北、北北西和北北东向展布。断层发育条数最多的是泉一、二段和登四段,可达到3280条和3167条;其次是登三段和登二段,断裂发育条数分别为2678条和2380条;最少为营城组,断裂仅为499条。断裂断穿层位明显不同,在营城组和登二段主要是从基岩或沙河子组或营城组断穿至登二段的断裂,而登三段以上地层主要是发育从 $T_{32} \sim T_2$ 、 $T_{31} \sim T_2$ 、 $T_3 \sim T_2$ 断裂。除营城组在升平以南及东部地区、昌德以南及以东地区徐东以

表2 徐家围子断陷内断裂发育特征表

| 层位 | 断裂发育条数 | 断裂展布方向 | 断层断穿层位 | 分布区域 |
|----------|--------|----------------|---|------------------------------------|
| 泉一、二段 | 3 280 | 主要为南北、北北西和北北东向 | $T_{32} \sim T_2$ 、 $T_{31} \sim T_2$ 、 $T_3 \sim T_2$ | 全区分布且较密集 |
| 登四段 | 3 167 | 主要为南北、北北西和北北东向 | $T_{31} \sim T_2$ 、 $T_3 \sim T_2$ | 全区分布且较密集 |
| 登三段 | 2 678 | 主要为南北、北北西和北北东向 | $T_{31} \sim T_2$ 、 $T_{32} \sim T_2$ | 全区分布且较密集 |
| 登二段 | 2 380 | 主要为南北、北北西和北北东向 | $T_5 \sim T_{32}$ 、 $T_{41} \sim T_{32}$ 、 $T_{42} \sim T_{32}$ | 全区分布,徐东地区以南及肇州以东分布较密集 |
| 营一段火山岩顶部 | 499 | 主要为南北和北北东向 | $T_5 \sim T_4$ 、 $T_{41} \sim T_4$ | 升平以南、以东及昌德以南、以东地区,徐东地区以南及肇州以东分布较密集 |

南和肇州以南和登二段在徐东以南和肇州以东地区断裂发育局部集中外,其余各层断裂均全区密集分布。

2.2 断裂对盖层的破坏作用

断裂对盖层封闭性的破坏作用程度主要取决于断裂断距和盖层厚度之间的相对大小^[16-17]。如果断裂断距大于盖层厚度,盖层被断裂完全错开,使盖层失去空间分布的连续性,下伏的油气可从断开处发生向上散失,断裂对盖层为完全破坏;如果断裂断距小于盖层厚度,断裂虽可将盖层错断,使有效厚度减小,但并未失去横向分布的连续性。断裂对盖层的破坏程度可由下式计算求得。

$$a = \frac{H-L}{H}$$

式中: a 表示断裂对盖层的破坏程度; H 表示盖层厚

度, m ; L 表示断裂断距, m 。

由上述公式中可以看出, a 值越大,表明断裂对盖层的破坏程度越小,反之越大。根据式中计算得到的 a 值大小,按表3中的等级划分标准,便可对断裂对盖层的破坏程度进行定量评价。

表3 断裂对盖层破坏程度等级划分标准表

| 断裂对盖层破坏程度 | 大 | 较大 | 中等 | 小 |
|-----------|---------|------------------|------------------|---------|
| 评价参数 | <0.25 | $0.25 \sim 0.50$ | $0.50 \sim 0.75$ | >0.75 |

按照上述方法,对徐家围子断陷断裂对几套盖层的破坏程度进行了研究。由表4可以看出,徐家围子断陷断裂对营一段火山岩顶部局部盖层破坏程度大,已达到完全破坏程度,而对上覆几套区域性盖层的破坏程度低,均为小破坏程度。

表 4 徐家围子断陷断裂对盖层破坏程度及天然气分布关系表

| 层位 | 断裂对盖层破坏程度 | 天然气分布井区 |
|----------|-----------|--|
| 泉一、二段 | 以小破坏程度为主 | 汪 901、汪 902、升深 101 |
| 登四段 | 以小破坏程度为主 | 芳深 2、芳深 4、昌 401 |
| 登三段 | 以小破坏程度为主 | 升深 1、升深 10、升深 101、芳深 1、芳深 2、芳深 3、芳深 5、芳深 7、芳深 801 |
| 登二段 | 以小破坏程度为主 | 达深气田：达深 1、达深 x7、达深 x5、达深 6 等；汪深气田：达深 2、达深 4、达深 8、汪深 1 等；昌德气田：芳深 2、芳深 5、芳深 6、芳深 7；肇深气田：肇深 1、肇深 3、肇深 7、肇深 11 等 |
| 营一段火山岩顶部 | 以完全破坏为主 | 芳深气田：卫深 5、卫深 501、芳深 6、芳深 7 等；徐深气田：徐深 1、徐深 1-1、徐深 1-3、徐深 6 等；徐东气田：升深 7、升深 8、宋深 6、徐深 21 等 |

3 断裂对天然气成藏与分布的控制作用

3.1 区域性盖层被断裂破坏的程度小,有利于天然气在其下大规模聚集成藏

由表 4 可以看出,徐家围子断陷登二段至泉一、二段几套区域性盖层厚度相对较大,被断裂破坏的程度低,天然气封盖保存条件相对较好,有利于天然气在其下大规模聚集成藏。由图 1 中可以看出,徐家围子断陷目前已发现的天然气主要分布在营一段和营三段火山岩中,这两套储气层均分布在登二段区域性盖层之下,其中营三段储层直接被登二段区域性盖层封盖,加上登二段之上几套区域性盖层厚度均较大,被断裂破坏程度小,这些条件是造成天然气主要分布在这区域性盖层之下的重要缘故。

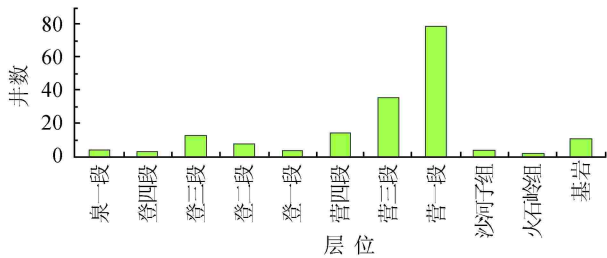


图 1 徐家围子断陷工业及低产气层分布图

3.2 局部盖层被断裂破坏的程度大,造成天然气聚集分散

由表 4 中可以看出,徐家围子断陷营一段顶部盖层厚度小,被断裂破坏程度高,均为完全破坏,不利于天然气聚集与保存。但由于该套盖层排替压力高(排替压力平均可以超过 9 MPa),从微观封闭能力上封闭天然气是没有问题的^[14]。由图 1 中可以看出,该套盖层之下聚集了该断陷最多的天然气,这主要是由于该套盖层具较强的微观封闭能力,但由于该套盖层被断裂多处破坏,横向分布连续性差,造成天然气平面富集不集中,沿断裂带呈分散分布状态(图 2)。

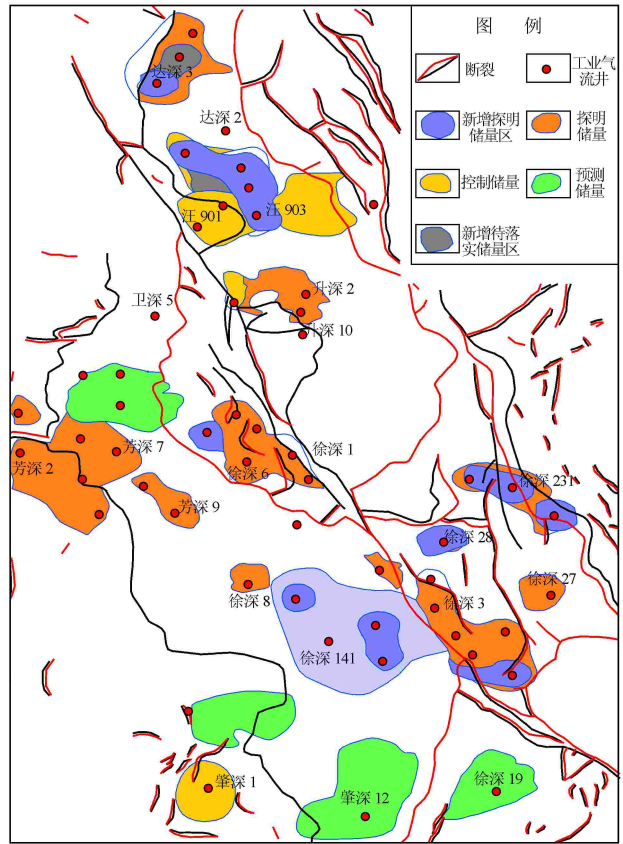


图 2 徐家围子断陷天然气分布与断裂关系图

3.3 过 T₄₂~T₃₂ 断裂发育使得升平、汪家屯和昌德地区登二段之上含气

由表 2 中可以看出,徐家围子断陷以登二段为界下部主要发育的是从基岩或沙河子组或营城组断至 T₃₂ 之下的断裂,上部主要发育 T₃₂~T₂、T₃₁~T₂、T₃~T₂ 的断裂。断裂的这一分布特征使得登二段以上盖层被断裂破坏程度小,使得其下天然气大规模富集。然而,在升平、汪家屯和昌德地区局部发育有穿过登二段盖层的断裂,昌德地区有 10 条,升平地区有 7 条,汪家屯地区有 9 条(表 5)。正是这些断裂的沟通作用,使得登二段盖层之下的部分天然

表5 昌德、升平、汪家屯地区断裂穿层性与天然气分布表

| 区 块 | 断层断穿层位 | 天然气分布层位 |
|-----|---|------------------------------|
| 昌德 | T ₁ ~T ₂₃ (1条)、T ₄₁ ~T ₁ (1条)、T ₄₁ ~T ₀₆ (1条)、T ₄₂ ~T ₀₆ (1条)、T ₄₁ ~T ₂₂ (1条)、T ₄₁ ~T ₁ (1条)、T ₄₁ ~T ₃ (1条)、T ₅ ~T ₃₁ (1条)、T ₁ ~T ₀₆ (1条)、T ₄₁ ~T ₃₁ (1条) | 登四段、登三段、登二段、营四段、营一段、基底 |
| 升平 | T ₅ ~T ₃₂ (2条)、T ₅ ~T ₀₆ (1条)、T ₄₁ ~T ₀₆ (1条)、T ₅ ~T ₂ (1条)、T ₄₁ ~T ₃ (1条)、T ₄₁ ~T ₁ (1条) | 泉一段、登三段、登二段、营三段、沙河子组、火石岭组、基底 |
| 汪家屯 | T ₅ ~T ₀₆ (2条)、T ₄₁ ~T ₃₁ (2条)、T ₅ ~T ₃ (1条)、T ₄₁ ~T ₃ (1条) | 泉一段、登二段、营三段 |

气在这些地区沿断裂穿过登二段盖层向上运移,聚集在登三、四段地层和泉一、二段地层中,形成升平、汪家屯和昌德上部气藏。而其他地区因无此类断裂,天然气不能穿过登二段盖层向上运移聚集成藏,只能在登二段盖层之下聚集成藏。

4 结论

1)徐家围子断陷主要发育有泥岩、火山岩和泥质砾岩3种岩性盖层。泥岩盖层主要发育于登二段及其以上地层中,是天然气的区域性盖层;高声波时差火山岩盖层发育在营一段火山岩顶部,为天然气的局部盖层;低声波时差火山岩盖层发育在营一段和营三段内部,泥质砾岩发育于营四段,均为天然气封闭的夹层。

2)徐家围子断陷发育不同方向的断裂,从上至下断裂密度逐渐减小,以登二段为界上部主要发育T₃₂~T₂、T₃₁~T₂、T₃~T₂的断裂,下部主要发育从基岩或沙河子组或营城组断穿至登二段的断裂。

3)徐家围子断陷营一段火山岩顶部局部盖层被断裂完全破坏,登二段及以上区域性盖层被断裂破坏程度小。

4)徐家围子断陷区域性盖层被断裂的破坏程度小,有利于天然气在其下大规模聚集成藏;局部盖层被断裂破坏程度大,造成天然气聚集分散,过T₄₂~T₃₂断裂发育造成升平、汪家屯和昌德地区登二段之上含气。

参 考 文 献

- [1] 白国平. 波斯湾盆地油气分布主控因素初探[J]. 中国石油大学学报:自然科学版, 2007, 31(3): 28-38.
- [2] 何建国, 盖东玲, 张加友, 等. 东濮凹陷油气藏成藏规律研究[J]. 西南石油学院学报, 2002, 24(6): 15-17.
- [3] 何琰, 牟中海, 浦世照, 等. 准噶尔盆地玛北斜坡带油气成藏研究[J]. 西南石油学院学报, 2005, 27(6): 8-11.
- [4] 金之钧, 龙胜祥, 周雁, 等. 中国南方膏盐岩分布特征[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(5): 571-583.
- [5] 魏兆亮, 刘全稳, 程有义, 等. 渤海湾盆地天然气聚集差异性探讨[J]. 天然气工业, 2006, 26(3): 38-40.
- [6] 吕延防, 付广, 于丹. 中国大中型气田盖层封盖能力综合评价及其对成藏的贡献[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(6): 742-753.
- [7] 何家雄, 杨计海, 陈志宏, 等. 莺歌海盆地中深层天然气成藏特征[J]. 天然气工业, 2003, 23(3): 15-19.
- [8] 付广, 薛永超, 付晓飞. 大庆长垣以东地区深层天然气成藏的控制因素及成藏模式[J]. 沉积学报, 2001, 19(4): 617-621.
- [9] 蒋有录. 油气藏盖层厚度与所封盖烃柱高度关系问题探讨[J]. 天然气工业, 1998, 18(2): 20-23.
- [10] 吕延防, 陈章明, 吉滢. 大庆长垣以东地区深源气盖层研究[J]. 天然气工业, 1995, 15(3): 16-21.
- [11] 程有义, 宋来亮, 郭瑾, 等. 济阳拗陷浅层天然气富集有利条件[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(6): 16-19.
- [12] 王贵文, 惠山, 付广. 徐家围子断陷天然气分布规律及其主控因素[J]. 大庆石油地质与开发, 2008, 27(1): 6-9.
- [13] 付广, 石巍. 徐家围子地区深层天然气成藏机制及有利勘探区预测[J]. 大庆石油地质与开发, 2006, 25(3): 23-26.
- [14] 任延广, 朱德丰, 万传彪, 等. 松辽盆地徐家围子断陷天然气聚集规律与下步勘探方向[J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23(5): 26-29.
- [15] 吕延防, 付广, 高大岭, 等. 油气藏封盖研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996: 4-30.
- [16] 张琳琳, 周路, 张以明, 等. 吉尔嘎朗图凹陷下白垩统断裂特征分析[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(增刊2): 5-8.
- [17] 罗群, 庞雄奇. 柴达木盆地断裂特征与油气区带成藏规律[J]. 西南石油学院学报, 2003, 25(1): 1-5.

(修改回稿日期 2009-06-25 编辑 罗冬梅)