

文章编号: 1001-6112(2006)03-0220-05

汤原断陷构造沉积特征与油气成藏分布规律

马金龙¹, 张宝权²

(1. 中国矿业大学 安全与资源工程学院, 北京 100083;

2. 东方地球物理勘探有限责任公司研究院, 河北 涿州 072751)

摘要: 汤原断陷是发育在前中生界基底之上受依兰—舒兰地堑东、西 2 条北北东向大断裂控制且被北西向断裂所切割的中新生代断陷盆地, 具有东西分带、南北分块的盆地格架。发育扇三角洲—湖泊沉积体系, 形成了白垩系和下第三系 2 个相对独立的构造和成藏单元。研究表明, 汤原断陷经历了早中生代断陷期、新生代断陷发育期和断陷后期 3 个发展阶段, 最大沉积厚度达 6 000 m, 下第三系和白垩系是主要勘探目的层。受白垩纪末期燕山运动和新生代后期运动的影响, 原形盆地遭受了强烈改造, 原来的构造格局和地层沉积格架发生了显著变化, 油气藏遭受了很大破坏, 圈闭变得复杂。断裂和岩性对该区油气藏的形成起主要控制作用。进行三维地震勘探, 在凹陷或斜坡区寻找非构造圈闭有利区带, 同时, 加强对白垩系地层油气勘探, 寻找保存完好的古构造是近期该断陷油气勘探的主要目标。

关键词: 断裂; 盆地构造; 沉积特征; 烃源岩; 油气成藏; 汤原断陷

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

汤原断陷地处黑龙江省鹤岗市、汤原县、萝北县及桦川县境内, 南北长 120 km, 东西宽 5~30 km, 总面积约 3 320 km²。其北侧为鹤岗盆地, 南为佳木斯盆地, 东邻三江盆地^[1]。目前, 全区已完成 1×2 km 二维地震测网的精查和局部三维地震工作, 勘探已经进入详查阶段。先后共完钻井 32 口, 其中 4 口井在下第三系达连河组获得了工业气流, 提交了 26.21×10⁸ m³ 天然气探明储量, 证实了该断陷蕴藏着较丰富的天然气资源。另外, 还有 2 口井在白垩系见油气显示, 特别是汤热 1 井在白垩系获得了少量油流, 首次确定了白垩系是具有油气勘探前景的新层系。

1 汤原断陷构造特征

汤原断陷是典型的受断裂控制的陆相断陷盆地^[1], 是依兰—舒兰地堑北部的 1 个一级构造单元。在区域上, 依—舒地堑是郯庐裂谷系北段的一支, 被认为是东北地区构造特征最复杂的含油气盆地^[2,3]。依兰—舒兰断裂带受 2 条大体平行、走向北东的深断裂所控制, 区内主要发育 2 组断裂: 一组是与地堑走向近于平行的北东向断裂, 另一组是与地堑走向近于垂直或大角度斜交的北西西或近东西向的断裂, 尤其是后一组断裂使得依兰—舒兰地堑南北分块的特征更加突出。由此把依兰—舒兰地堑由北至南划分为汤原断陷、依兰断隆、方正断陷、尚志断隆、胜利断陷 5 个一级构造单元(图 1)。

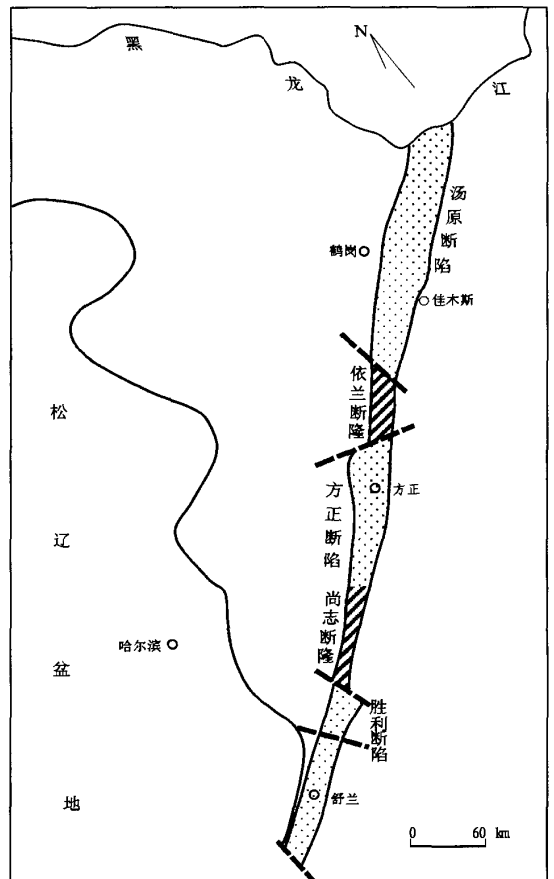


图 1 依兰—舒兰地堑构造格局

Fig. 1 Structural framework of the Yilan-Sulan Rift

收稿日期: 2005-11-11; 修订日期: 2006-04-18。

作者简介: 马金龙(1965-), 男(汉族), 山东乐陵人, 高级工程师, 主要从事石油地质勘探研究工作。

万方数据

汤原断陷主要由北东向大体平行延伸的 2 条边界大断裂(F1 和 F2)控制的西超东断的箕状断陷。断陷内断裂十分发育,主要断裂有 2 组,一组是与边界大断裂近于平行;另一组是与边界大断裂近于垂直或大角度相交,同时伴随形成 2 组构造,构成了汤原断陷东西分带,南北分块的构造格架。根据基底结构特点和断陷内部北东向大断裂强烈活动特点,将汤原断陷划分为东部凹陷带、中央凸起带、西部凹陷带和西部斜坡带 4 个二级构造单元(图 2)。

2 汤原断陷沉积特征

汤原断陷发育中生界白垩系和新生界第三系、第四系 2 大沉积体系,形成了 2 个相对独立的构造和成藏单元,其中白垩系沉积轮廓与第三系的沉积轮廓相似,只是沉积范围相对较大。在整个沉积时期,沉积范围受其东南、西北部的山系或凸起物源区控制。总体上,在断陷两侧边缘为扇三角洲沉积,断陷中部为滨浅湖、半深湖—深湖相沉积(图 3)。

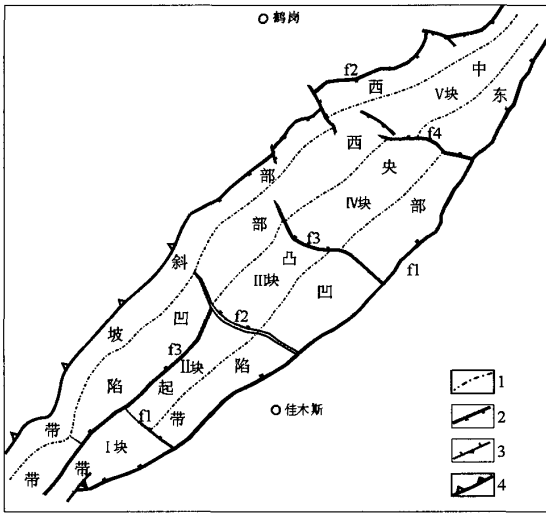


图 2 汤原断陷构造单元划分

1. 构造分区线; 2. 正断层; 3. 逆断层; 4. 剥蚀线

Fig. 2 Tectonic units of the Tangyuan Fault Depression

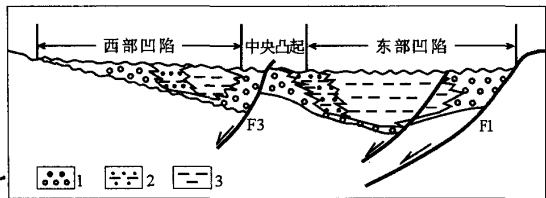


图 3 汤原断陷湖盆构造沉积模式

1. 扇三角洲; 2. 滨浅湖; 3. 半深湖—深湖

Fig. 3 Structural-depositional model of lake basin in the Tangyuan Fault Depression

汤原断陷沉积作用主要受两侧边界断裂的差异性活动控制,具有多物源、近物源的特点,沉积了一套粗碎屑岩^[4]。老第三纪初期,受断陷两侧边界断裂的作用,在东、西 2 个凹陷带沉积了较厚的下第三系。第三纪晚期,东部断裂(F1)活动减弱,整个地区进入了凹陷沉积时期,此时盆地东断西超,东南凹陷下降变缓,西部凹陷进一步发育,在西部凹陷沉积了较厚的上第三系地层。至此构成了第三系沉积、生烃、成藏作用单元。同时,多物源近距离的沉积环境形成了窄相带、岩性多变的沉积体,为岩性圈闭的形成创造了良好的条件。中央隆起区南部为白垩系的沉积中心,白垩纪末期至整个第三纪,该区长期处于隆起状态,其上发育了较大的局部构造,可形成较大规模的构造油气藏。西部斜坡带主要为扇三角洲沉积,可形成岩性—地层圈闭。

3 汤原断陷构造沉积演化史

汤原断陷是在前中生代结晶基底之上发育起来的中、新生代断陷盆地,经历了 3 个发展阶段。

3.1 早期中生代断陷期

前中生代时期,本区为区域性的隆起剥蚀区。进入中生代的后期,受燕山运动影响,发育了基底上的北西西向断裂^[5]。由于它们的剧烈活动,形成差异沉降,产生了裂陷,形成了近东西向展布的中生代断陷盆地,沉积了较厚的白垩系地层。中央隆起带南部,白垩系最为发育,最大厚度达 3 000 m,为滨浅湖、半深湖相沉积,目前在完钻的探井中有 8 口井揭示了白垩系地层。中生代末期,由于太平洋板块向西进行一系列俯冲,区域性地温降低,构造运动更加激烈,造成了该区大面积抬升隆起;中生代地层被大面积剥蚀,特别是东部地区中生代地层已剥蚀殆尽,目前只剩下中生代残留盆地^[6]。

3.2 新生代断陷发育期

本期是汤原断陷形成、发育、演化的主要时期。进入新生代以后,受喜山运动影响,太平洋板块向中国板块的俯冲加剧,以及中国东部地区地幔上拱,导致中国东部地区一系列裂谷盆地的形成^[7]。依兰—舒兰地堑便是其一,其中的汤原断陷在北东走向的 F1 深大断裂控制下,开始了沉积、构造演化的历程。

3.2.1 强烈断陷期

在古新统乌云组、始新统新安村组沉积时期,在右行张扭应力作用下,东边界 F1 断裂强烈活动,西边界 F2 断裂活动的强度远远弱于 F1 断裂,这样造成了汤原断陷整体上东断西超的沉积特征。

但由于中部低凸带已经出现雏形,将断陷分割成东部凹陷带、西部凹陷带及西部斜坡带,其中发育最明显的是东部凹陷带。

3.2.2 持续断陷期

在达连河组沉积时期,东边界断裂 F1 继续强烈活动,整个断陷为东断西超的箕状凹陷。东部凹陷带沉降幅度较大,沉积地层最厚,大约在 1 000 m,形成梧桐河、龙王庙一互助村、东兴、东发和新民五大沉积中心,为深湖一半深湖相沉积,此期为湖盆发展主要时期。中央凸起带继承性发育,其上沉积地层相对较薄。达连河组沉积末期,汤原断陷受到来自南东一北西方向的挤压应力作用,中央凸起带及其之上构造持续发育,断裂发生走滑,产生了一些正花状构造。

3.2.3 断凹转化期

在宝泉岭组一段沉积时期,控制汤原断陷的断裂 F1 活动有所减小,整个断陷进入了第二个大的沉积旋回。断陷湖盆再次发育,深湖一半深湖相沉积几乎贯穿整个汤原断陷,沉积了巨厚的暗色泥岩。泥岩单层厚度达数十米,累计厚度达上百米,是一套深湖相的欠补偿沉积。该时期总体表现出由断陷向凹陷转化的特征,这时新华向斜(凹陷)开始形成。

3.2.4 地堑萎缩期

在宝泉岭组二段沉积时期,F1 断裂几乎失去了控制作用,整个地区进入了凹陷沉积时期。由于沉降幅度小,沉积了一套以河流相、滨浅湖相为主的沉积物。东兴、双兴、梧桐河向斜持续发育。在宝二段沉积末期,汤原断陷受到南东一北西向挤压应力作用,发生强烈的构造运动,产生了一批近于断陷长轴方向的大型基底逆冲断层,奠定了现今汤原断陷构造格局的基础。同时,强烈的构造运动导致西部地区和中央隆起南部地区的抬升和剥蚀。

3.3 断陷发育后期

晚第三纪之后,整个伊一舒地堑进入河流一冲积平原环境,主要沉积了一套近源快速堆积的冲积扇和河流相地层,全区第四系厚度不等厚约 40~308 m。在此期间,汤原断陷受区域挤压应力影响,经历了一次调整期,但先前所形成的构造格局基本没有改变。同时晚第三纪火山活动比较强烈,对本区油气的形成有重要意义。

4 汤原断陷油气成藏模式与油气分布规律

断陷型含油气盆地与拗陷型含油气盆地在形万方数据

成机制及发育特征上有着明显的差异,断陷内断裂发育,断裂不仅控制沉积、生储盖层的发育,而且也控制着油气在时空上的运移、聚集和成藏^[4]。汤原断陷经历了多期拉张、挤压和走滑构造运动,形成了东西分带、南北分块的构造格局,断裂十分发育,具有特殊的油气成藏及分布规律。

4.1 汤原断陷油气成藏模式

4.1.1 自源侧向运移聚集成藏模式

该模式生排烃过程均在成藏动力系统内完成,油气在系统内沿砂体侧向运移到地层超覆或断层遮挡或砂岩上倾尖灭圈闭成藏。白垩系和下第三系 2 套烃源岩系中存在 2 种形式:一种是在构造背景下由于断层遮挡和岩性变化而形成的构造一岩性油气藏,多见于东、西凹陷间的中部凸起区;另一种则是由大型地层超覆形成地层圈闭成藏,见于凹陷周边的斜坡区(图 4)。

4.1.2 它源断层垂向运移成藏模式

断陷盆地具有物源近、分选差、相变快及砂体厚度小的沉积特征,因此油气难以通过那些物性差的砂体进行长距离运移。断层是断陷盆地油气的主要疏导通道^[8],砂体与断层有效结合,使得油气先沿砂体侧向运移,再由断层垂向运移至圈闭中聚集成藏。该模式主要存在于下第三系地层中,油气主要来源于主力烃源岩达连河组 and 宝泉岭组一段,为断层疏导断块、断鼻圈闭成藏,多见于断裂带附近(图 4)。

4.1.3 它源潜山成藏模式

由于地壳抬升,基岩遭受风化剥蚀,形成裂缝与孔隙的网络系统,在断陷内部的基岩凸起因物性大大改善而形成基岩风化壳圈闭。白垩系或下第三系生成的油气经垂向向下或侧向运移至具备储

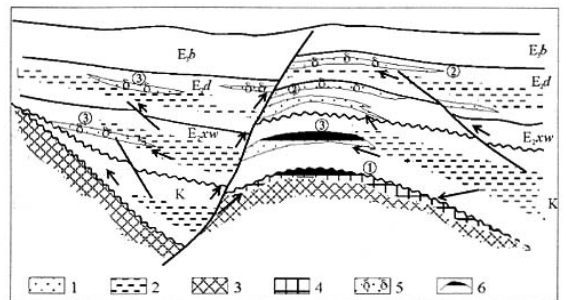


图 4 汤原断陷油气成藏模式

- 1. 储层; 2. 烃源岩; 3. 基岩; 4. 风化壳; 5. 气藏; 6. 油藏
- ① 它源潜山成藏模式; ② 它源断层垂向运移成藏模式;
- ③ 自源侧向运移成藏模式

Fig. 4 Pattern of oil and gas pools in the Tangyuan Fault Depression

集条件的基岩潜山中聚集成藏,有的沿不整合面运移在基岩风化壳圈闭中聚集成藏。如中央隆起带存在这种油气藏类型(图4)。

4.2 汤原断陷油气分布规律

4.2.1 生烃中心控制油气藏的空间展布

一般来说,无论断陷盆地还是坳陷盆地,生油区控制油气田分布,油气藏聚集都受生烃中心控制^[9,10]。汤原断陷也不例外,从烃源岩分布与目前已发现油气井展布的空间关系看,油气明显受生烃中心控制,油气主要富集在生烃中心区域和靠近生烃中央隆起带上(图5)。白垩系的生烃中心位于断陷南部,最大沉积厚度3 000 m,其中暗色泥岩最厚约800 m。在白垩系地层获得少量油流的汤热1井位于其附近,原地生成的油气通过砂体侧向运移聚集成藏。下第三系的生烃中心位于断陷中部的双兴—东兴向斜和南部的东发向斜,以达连河组烃源岩为例,暗色泥岩最厚达500 m,有效烃源岩面积为590 km²。在下第三系中获工业气流的吉1井、互1井、汤参2井、望2井都紧邻下第三系生烃中心,生烃中心生成的油气主要通过断层和砂体运移聚集成藏。

4.2.2 汤原断陷油气藏分布规律

白垩系主要发育扇三角洲—湖泊相沉积,在断陷南部沉积中心区,发育较厚的半深湖相暗色泥岩,是本区的有效烃源岩。暗色泥岩平均厚300 m,有机碳含量为0.784%,氯仿沥青“A”为0.025%,生烃潜量为1.962 mg/g,总烃含量较高为757.08×10⁻⁶,



图5 汤原断陷烃源岩与油气分布关系

1. 工业气流井;2. 低产气流井;3. 低产油流井;4. 暗色泥岩厚度等值线, m;5. 成熟烃源岩;6. 有效烃源岩;7. 盆地边界;8. 拼图线

Fig.5 Relationship between source rock and oil-gas distribution in the Tangyuan Fault Depression
万方数据

干酪根有机母质类型为Ⅱ₂—Ⅲ,达到了煤系地层中等生油岩标准。镜质体反射率为0.89%~1.07%,处于成熟阶段。生油期从新安村组沉积至今,主要形成自生自储油藏或生成的油气通过砂体和断层向下运移到古潜山中聚集成油藏。

通过气源对比、地球化学分析认为,汤原断陷吉1井、互1井、汤参2井、望2井在下第三系达连河组产出的天然气是一种混源气,既含有大量未成熟生物甲烷气,又含少量成熟的裂解气^[11]。第三系有效烃源岩为达连河组和宝泉岭组一段厚层暗色泥岩。宝泉岭组一段全区都有分布,为半深湖—深湖相沉积,平均厚250 m,有机碳含量为1.63%,氯仿沥青“A”为0.083%,生烃潜量为3.625 mg/g,总烃含量为878×10⁻⁶,干酪根有机母质类型为Ⅲ型,镜质体反射率为0.4%~0.57%,热演化程度低,处于未成熟—低成熟阶段;生油潜力小,综合评价为差生油岩,但可生成大量生物甲烷气。汤原断陷发现的气藏中就包括这种类型的气。

达连河组暗色泥岩发育范围与宝一段相当,厚度一般在50~200 m,最厚达500 m,有机碳含量为1.90%,总烃含量较高为515.14×10⁻⁶,属于好的级别;氯仿沥青“A”为0.053 9%,生烃潜量为2.791 mg/g,干酪根有机母质类型为Ⅱ₂—Ⅲ。在凹陷边部镜质体反射率为0.4%,处于未成熟阶段,可生成生物甲烷气;在凹陷深部镜质体反射率为1.37%~1.60%,处于高一过成熟阶段,生成大量油气。随着演化程度的提高,生成的油又裂变成天然气,通过砂体向上运移形成下生上储气藏。

汤原断陷油藏与气藏界限清晰,中生界形成油藏,第三系形成气藏。

4.2.3 汤原断陷油气藏控制因素

汤原断陷发育构造、构造—岩性、岩性等多种油气藏类型,油气成藏除受除构造因素控制外,也受断层、岩性等因素控制。断层对油气的横向、纵向运移起着主控作用,使其严格控制在相对独立的成藏单元之中。互助村构造中的互1井在达连河组二段中获得工业气流,但同属一个断块构造中的互2和互4井却未获成功,主要与断层因素有关。汤参2井位于中央隆起带和东部凹陷带的过渡部位,东兴向斜生成的油气通过达连河组二段砂体疏导至此,上倾方向的断层形成遮挡,形成构造—岩性油气藏。望2井区为扇三角洲前缘的砂体,形成岩性油气藏。吉1井所在的断块圈闭处于生烃凹陷边缘,受2条断层夹持,原地生成的油气通过砂体向上运移聚集成藏,说明岩性主要起控制作用。

5 结论与建议

1) 宝泉岭组一段、达连河组和白垩系的暗色泥岩为该断陷有效烃源岩; 扇三角洲、湖底扇砂体为储集层; 宝泉岭组一段和达连河组一段厚层泥岩为区域性盖层, 形成下生上储、自生自储和新生古储 3 种生储盖组合。

2) 汤原断陷圈闭形成期主要为早第三纪后期, 大量生排烃时期从始新世末期至今, 油气成藏匹配良好。

3) 中生界白垩系是新的油气勘探层位, 具备良好的油气成藏条件, 具有一定的油气勘探前景。

4) 加强汤原断陷精细地震勘探, 发现有利非构造型区带, 是油气勘探获得突破的关键。

参考文献:

1 罗 群, 白新华. 汤原断陷断裂构造特征及其对油气成藏的控

制作用[J]. 长春科技大学学报, 1999, 29(3): 247~251
 2 王永春. 伊通地堑含油气系统与油气成藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 1~9
 3 许浚远. 依舒断裂带中生代构造演化[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(2): 137~144
 4 罗 群. 断裂控烃理论与油气勘探实践[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(6), 751~756
 5 童亨茂. 伊通地堑边界断裂的性质与演化[J]. 地质力学学报, 2002, 8(1): 35~38
 6 白新华, 罗 群. 汤原断陷中生界地层及含油气远景预测[J]. 大庆石油地质与开发, 1997, 16(4), 30~32
 7 谯汉生, 纪友亮, 姜在兴. 中国东部大陆裂谷与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 53~60
 8 付 广, 吕延防, 付晓飞等. 断陷盆地源盖断时空匹配关系对油气成藏的控制作用[J]. 油气地质与采收率, 2004, 11(5): 17~20
 9 谈彩萍, 刘翠荣, 周新科等. 中国东部老油区油气成藏特征[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 144~150
 10 胡朝元. 生油区控制油气田分布[J]. 石油学报, 1982, 3(2): 9~13
 11 黄清华, 张 莹, 王庆隆. 裂变径迹测年法在汤原断陷的应用[J]. 大庆石油地质与开发, 1997, 16(2): 14~16

STRUCTURAL-DEPOSITIONAL FEATURE AND OIL-GAS RESERVOIR DISTRIBUTION IN THE TANGYUAN FAULT DEPRESSION

Ma Jinlong¹, Zhang Baoquan²

(1. School of Safety and Resource Engineering, University of Mining and Technology, Beijing 100083, China;
 2. The Research Institute of Oriental Geophysical Exploration Limited Company, Zhuozhou, Hebei 072751, China)

Abstract: Developed on Premesozoic basement, the Tangyuan Fault Depression is a Mesozoic and Cenozoic Fault Depression. Basin controlled by two large faults toward NNE, cut by faults toward NW with divided zones between east and west and fault blocks between south and north. It exited Cretaceous and Paleogene two relatively dependent structure and oil-gas unit with fan delta-lake depositional system. The results illustrated that the Tangyuan Fault Depression went through three stages; early fault depression in Mesozoic, developing fault depression and late fault depression in Cenozoic. Its feature is giant sedimentary thickness, maximum 6 000 metres. Cretaceous and Paleogene are formation of interest. As a result of Yanshan event at the end of Cretaceous and Himalayas event at the late Cenozoic, prototype basin is subjected to strong deformation; prototectonics and sedimentary frames were obviously changed; oil-gas reservoirs were destroyed. Oil-gas reservoirs are principally controlled by faults and lithology.

Key words: fault; basin structure; depositional feature; source rock; oil and gas accumulation; the Tangyuan Fault Depression