

南堡凹陷中浅层油源断裂与其他成藏要素的空间配置及控藏作用

付 广, 李 鑫, 刘峻桥

(东北石油大学 地球科学学院, 黑龙江 大庆 163318)

摘 要:为研究南堡凹陷中浅层油气成藏规律,在油源断裂及其他成藏要素空间分布特征分析基础上,采用叠合分析方法,对中浅层油源断裂与其他成藏要素空间配置特征及其对油气成藏的控制作用进行了研究,认为南堡凹陷中浅层是由油源断裂沟通的下生上储式生储盖组合,油源断裂与其他成藏要素空间配置对油气成藏的控制作用:①断层和油源配置关系控制着油气成藏平面范围;②断层与盖层配置关系控制着油气成藏的深度范围;③断层与砂体配置关系控制着油气成藏的层位;④断层与圈闭配置关系控制着油气成藏的部位。

关键词:油源断裂;源岩;盖层;砂体;圈闭;空间配置;控制作用

中图分类号:P618.3

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2014)01-0001-08

The Space Distribution Characteristics of Faults Connected Source-rock and Oil-gas Accumulation Factors and the Function of Accumulation Controlling in the Middle and Shallow of Naupu Depression

Fu Guang, Li Xin, Liu Junqiao

(College of Earth Science, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China)

Abstract: In order to find the oil-gas accumulation law of middle and shallow strata in Nanpu depression, this study was based on the analysis of space distribution characteristics of faults connected source-rock and other oil-gas accumulation factors. Matching relation between faults connected source-rock and other oil-gas accumulation factors and its controlling to oil-gas accumulation were studied on empirical basis. The result indicates that combination of generation, reservoir and caprock of middle and shallow strata in Nanpu depression belong to combination of lower generation and upper reservoir combination. Controlling of matching between faults connected source-rock and other accumulation factors to oil-gas accumulation involves the following four aspects: ① Matching relation between fault and source-rock controls plane areas of oil-gas accumulation; ② Matching relation between fault and caprock controls depth areas of oil-gas accumulation; ③ Matching relation between fault and sandstone controls oil-gas accumulation horizons; ④ Matching relation of fault and trap controls oil-gas accumulation places.

Key words: oil-migrating fault; source-rock; caprock; sandstone; traps; space matching; controlling

南堡凹陷位于渤海湾盆地黄骅凹陷北部,为黄骅凹陷新生代裂谷盆地的二维负向构造单元,总体上具有北断南超的箕状断陷特征,自下而上发育古近系孔店组、沙河街组、东营组,新近系馆陶组和明化镇组及第四系,东营组一段及以上地层称为中浅层。截至目前,南堡凹陷中浅层已发现高尚堡、柳赞、北堡、老爷庙以及南堡 1~5 号油田。从下部的东营组一段至上部的明化镇组皆有油气分布,但油层对比结果表明,油气主要

收稿日期:2012-09-28

基金项目:国家油气重大专项课题(2011ZX05007)

作者简介:付 广(1962—),男,辽宁新宾人,教授,博士,主要从事油气藏形成与保存条件研究。

E-mail: fuguang2008@126.com

来源于下伏沙河街组三段或沙河街组一段—东营组三段源岩。沙河街组三段或沙河街组一段—东营组三段源岩与中浅层之间被多套泥岩层相隔,油气无法直接通过地层孔隙向上覆中浅层运移,只有通过油源断裂^[1-5]才能将油气运移至中浅层,油气在哪个层位中聚集、平面上在哪一部位聚集成藏,以及成藏的控制因素,应是南堡凹陷中浅层油气勘探的关键。前人对油源断裂及其对油气成藏的控制作用进行过大量的研究和探讨,但主要是针对松辽盆地三肇凹陷^[6-11]、渤海湾盆地东营凹陷^[12]和济阳凹陷^[13-14]的油源断裂特征、类型、分布及其与油气聚集关系的研究,缺少对南堡凹陷油源断裂对油气成藏控制作用的研究。因此,开展南堡凹陷中浅层油源断裂、与其他成藏要素的空间配置关系及其对油气成藏的控制作用研究,对于正确认识研究区油气成藏规律并指导油气勘探具有重要意义。

1 油源断裂及其他成藏要素空间分布特征

三维地震资料解释成果表明,南堡凹陷中浅层发育大量断裂构造,但并不是所有断裂均可成为沙河街组三段或沙河街组一段—东营组三段源岩油气向中浅层运移的通道,只有在大量生排烃期——东营组沉积末期或明化镇组沉积晚期活动的断裂才能成为中浅层油气运移的输导断裂。由图 1 可以看出,南堡凹陷中浅层油源断裂呈东北向展布,带状分布,包括南堡 5 号、老爷庙、高尚堡、柳赞、南堡 1~4 号构造,为沙河街组三段或沙河街组一段—东营组三段源岩生成的油气向中浅层运移提供了垂向输导条件。

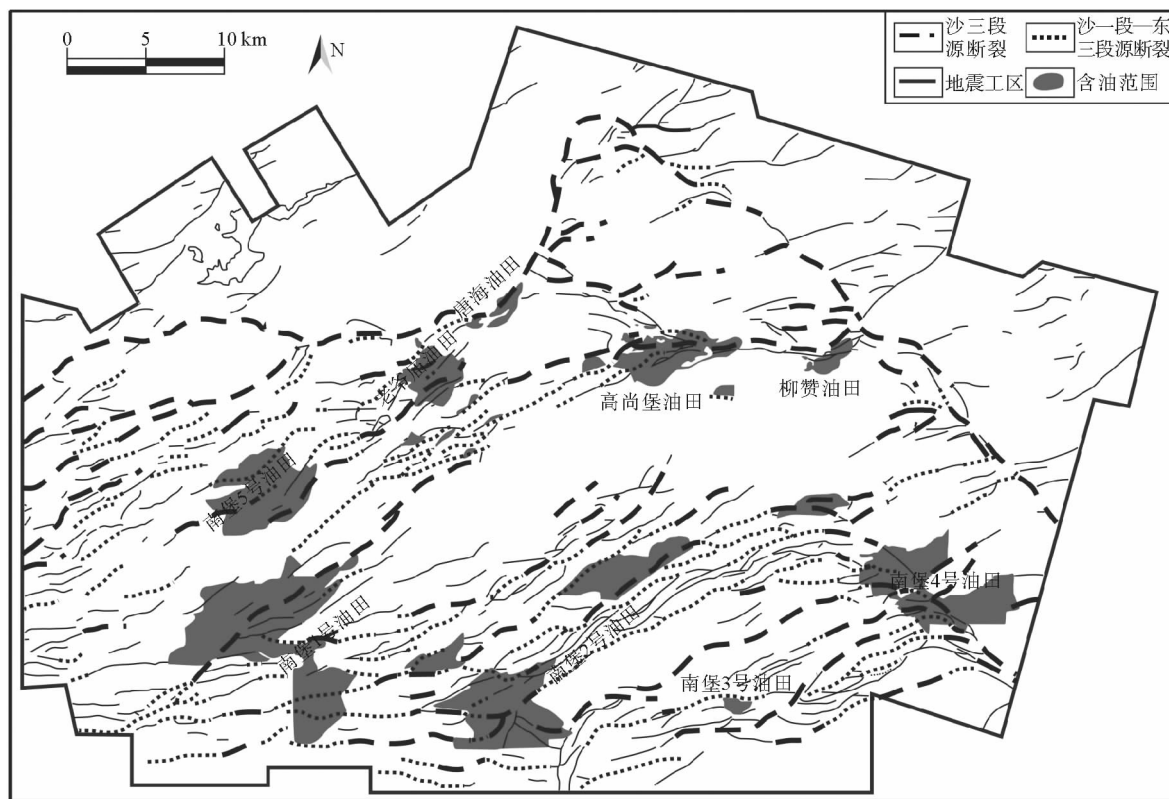


图 1 南堡凹陷中浅层油源断裂分布图

Fig. 1 Distribution of faults connected source-rock of middle and shallow strata in Nanpu depression

由图 2(a)可以看出,南堡凹陷沙河街组三段源岩主要分布在南堡凹陷中北部地区,暗色泥岩厚度最大可达 700 m,主要分布在高尚堡—老爷庙地区,向凹陷西、南、东三个方向厚度逐渐减小,凹陷西部、南部和东部沙河街组三段暗色泥岩厚度减小至 100 m 以下。由图 2(b)可以看出,沙河街组一段源岩主要分布在南堡凹陷中部偏北部地区,暗色泥岩最大厚度达 700m,但分布面积要小于沙河街组三段,主要分布在老爷庙地

区,向凹陷西部、南部、东部沙河街组一段暗色泥岩厚度逐渐减小,凹陷西部、南部和东部减小至 100 m 以下。由图 2(c)可以看出,东营组三段源岩除凹陷北部局部地区缺失外,几乎整个凹陷均有分布,东营组三段暗色泥岩最大厚度达 700 m,主要分布在南堡 5 号构造东北部,在南堡 4 号构造西南部暗色泥岩厚度也较高,厚度可达 600 m,由 2 个厚度高值区向其四周暗色泥岩厚度逐渐降低,凹陷边部减小至 100 m 以下。

南堡凹陷中浅层主要发育馆陶组三段火山岩和明下段泥岩两套区域性盖层。由图 3(a)中可以看出,南堡凹陷馆陶组三段火山岩盖层主要分布在凹陷西部南堡 1 号构造带附近,最大厚度达 500 m 以上,向其四周厚度逐渐减小,凹陷西部、北部边部和东部火山岩盖层厚度减小至 500 m 以下。由图 3(b)中可以看出,明下段泥岩盖层主要分布在凹陷中北部地区,泥岩盖层最大厚度可达 600 m 以上,主要分布在凹陷中部局部地带,泥岩盖层厚度大于 300 m 的区域主要分布在南堡 5 号构造—老爷庙—高尚堡—柳赞地区,由此向凹陷东部、南部和西部明下段泥岩盖层厚度逐渐减小,凹陷西部、南部和东部厚度减小至 100 m 以下。

南堡凹陷中浅层油气储层主要为三角洲、辫状河和曲流河沉积砂体。东营组一段为三角洲前缘亚相砂体,主要分布在北堡、老爷庙、柳赞、高尚堡、南堡 2 号和 3 号构造。而馆陶组和明化镇组则为曲流河和辫状河相砂体,几乎分布于整个凹陷,明化镇组河流相砂体的分布范围较馆陶组分布范围更广。从南堡 1-5 和 1-7 构造中浅层地层砂岩厚度与地层厚度比值统计结果表明,明上段地层砂岩厚度与地层厚度比值最高,为 50%~65%;其次是明下段,为 23.5%~27.0%;再次是东营组一段,为 20.5%~22.0%;馆陶组最低,只有 6.5%~8.0%。

油气藏解剖结果表明,南堡凹陷中浅层油气藏类型主要为断背斜、断块和断层遮挡油气藏,分布在油源断裂附近,呈正向构造,大部分位于断裂密集带的边部,少部分位于断裂密集带内部,如图 4 所示。

2 油源断裂与其他成藏要素之间空间配置类型及油气成藏模式

南堡凹陷中浅层源岩、储层、盖层、圈闭和油气断裂之间空间分布特征及配置关系,应为油源断裂沟通的下生上储式的生储盖组合,即沙河街组三段或沙河街组一段—东营组三段源岩位于下方,中浅层储层位于上方,馆陶组三段火山岩盖层封盖馆陶组四段和东营组一段储层,泥岩盖层封盖着明下段和馆陶组一、二段储层。油气被油源断裂所沟通,沙河街组三段或沙河街组一段—东营组三段源岩生成的油气,沿油源断裂向上运移至中浅层不同储层中,由于受到馆陶组三段火山岩和明下段泥岩 2 套区域性盖层阻挡,油气向馆陶组和明化镇组下部高砂岩厚度与地层厚度比值地层中侧向分流,在油源断裂附近的正向构造(断背斜、断块、断层遮挡圈闭)中聚集成藏,如图 5 所示。

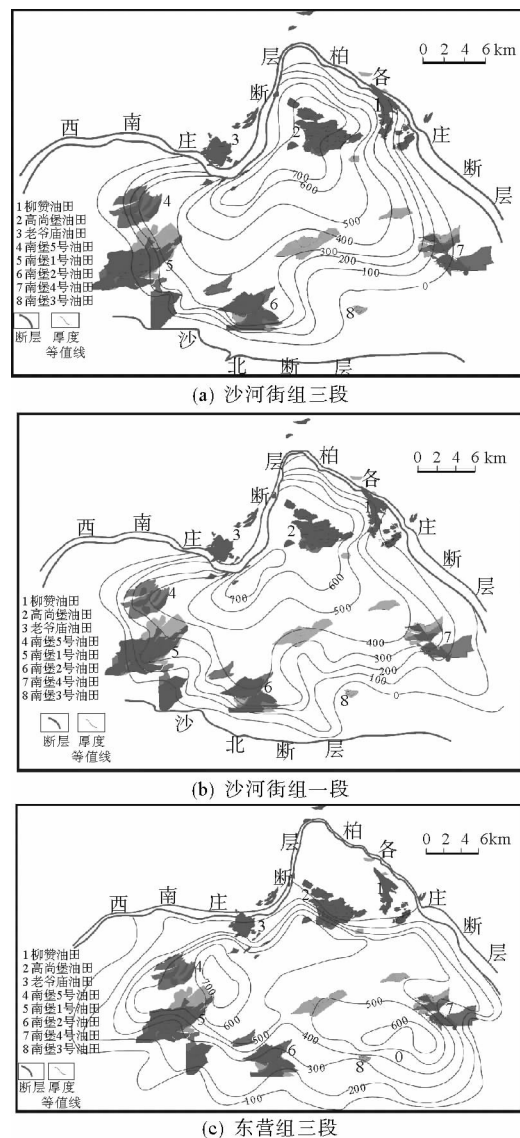


图 2 南堡凹陷中浅层源岩与油气分布关系图

Fig. 2 Relation between sourcerock and oil-gas distribution of middle and shallow strata in Nanpu depression

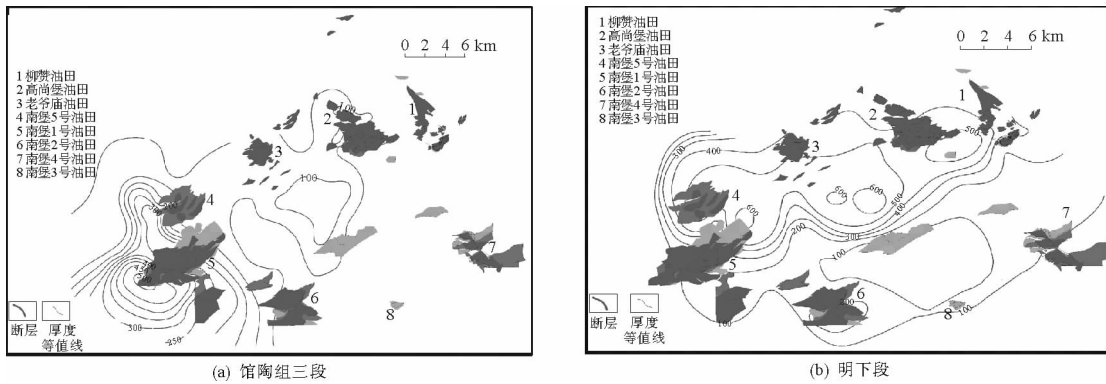


图 3 南堡凹陷中浅层盖层与油气分布关系图

Fig. 3 Relation between cap-rock and oil-gas distribution of middle and shallow strata in Nanpu depression

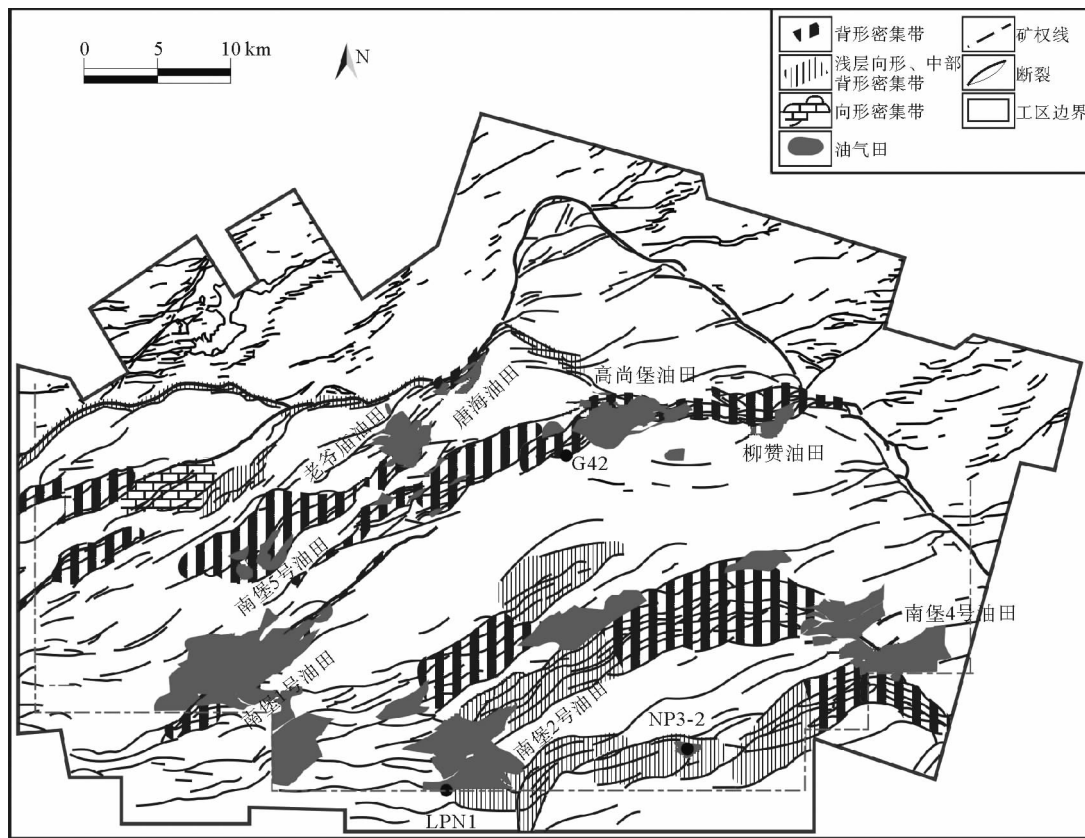


图 4 南堡凹陷正向构造与油气分布关系图

Fig. 4 Relation between positive structures and oil and gas distribution in Nanpu depression

3 对油气成藏的控制作用

3.1 断层与油源配置关系控制油气成藏的范围

由于南堡凹陷中浅层油气来自下伏沙河街组三段或沙河街组一段—东营组三段源岩,根据源控论观点,中浅层不同层位只有分布于源岩区或其附近才能成藏。然而,仅有沙河街组三段或沙河街组一段—东营组源岩间被多套泥岩相隔,源岩生成的油气不能通过地层岩石孔隙直接向上覆中浅层中运移,只能通过油源断

裂输导才能运移至中浅层。因此,南堡凹陷中浅层圈闭要获得充足的油气进行成藏,除应具备沙河街组三段或沙河街组一段—东营组三段源岩外,还应有油源断裂沟通。由图 1 和图 2 可以看出,研究区中浅层目前已发现的油气藏均分布沙河街组三段或沙河街组一段—东营组三段源岩区内和油源断裂附近,也说明断层与油源配置关系,控制着油气成藏的平面范围。

3.2 断层与盖层配置关系控制油气成藏的深度

沿油源断裂运移至中浅层中的油气聚集成藏的深度,受区域性盖层的控制。研究区中浅层油气受馆陶组三段火山岩盖层和明下段泥岩盖层的阻挡成藏。由图 6 可以看出,馆陶组三段火山岩盖层有效厚度(等于盖层厚度减去断层断距)大于 130~150 m 时,其上覆地层无油气分布,表明馆陶组三段火山岩盖层对沿油源断裂运移油气形成了有效封闭,油气在其下层位聚集成藏;相反,如果馆陶组三段火山岩盖层有效厚度小于 130~150 m 时,不管是馆陶组三段火山岩盖层被油源断裂是否完全错开,其上下皆有油气分布,表明此时馆陶组三段火山岩盖层不能完全阻止油气沿油源断裂向上运移。由于明下段泥岩盖层厚度大,油源断裂断距小,其有效厚度大于最低有效厚度 90~95 m 时,均可以对沿油源断裂向上运移油气形成有效封闭,使油气只能在其下层位聚集成藏。由此看出,断层与盖层配置关系控制着南堡凹陷中浅层油气成藏的深度范围。

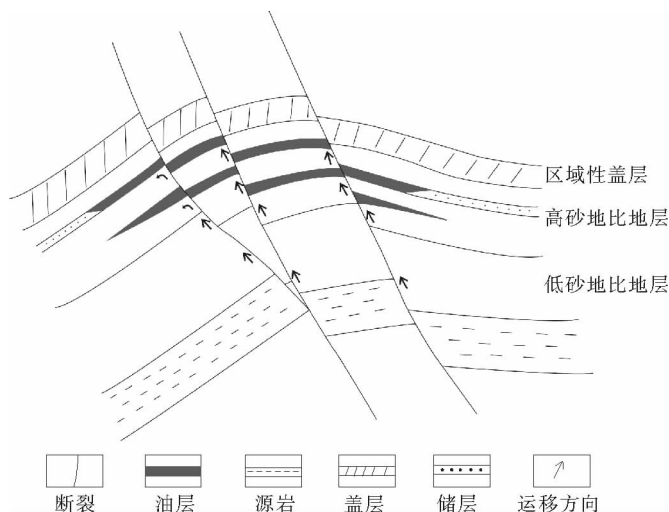


图 5 南堡凹陷油气运聚成藏模式图

Fig. 5 Oil and gas migration and accumulation model in Nanpu depression

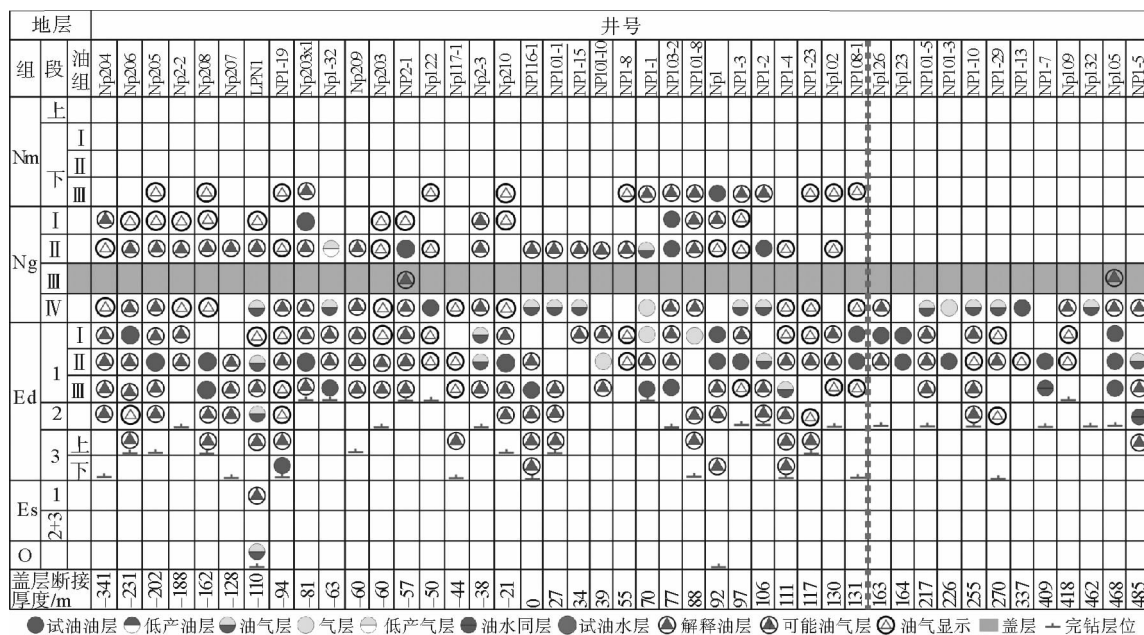


图 6 南堡凹陷馆陶组三段火山岩盖层断接厚度与油气显示分布关系图

Fig. 6 Relation between minimum thickness faulted of volcanic cap-rock in Ng₃ and oil and gas displays in Nanpu depression

3.3 断层与砂体配置关系控制油气成藏的层位

沿油源断裂向上运移的油气受馆陶组三段火山岩和明下段泥岩盖层阻挡,其下向两侧地层侧向分流运移和聚集,那么油气到底向哪一层位中分流运移聚集,主要受与油源断裂配置的地层砂岩厚度与地层厚度比值大小的控制^[15]。与油源断裂配置的地层砂岩厚度与地层厚度比值越高,断裂带中砂质成分越高,断裂带孔渗性越好,侧向封闭性越差,不利于油气向其侧向分流运移聚集;相反,与油源断裂配置的地层砂岩厚度与地层厚度比值越低,断裂带中的泥质成分越高,断裂带孔渗性越差,侧向封闭性越好,有利于油气向其侧向分流运移聚集。通过统计南堡凹陷中浅层不同油田 18 个圈闭各层位含油气性与地层砂岩厚度与地层厚度比值关系(图 7)可以看出,当地层砂岩厚度与地层厚度比值大于 20%时,有利于油气侧向分流运移聚集;反之则不利于油气侧向分流运移聚集。据此可知,南堡 1-5 和 1-7 构造油气聚集的主要层位是明下段和东营组一段,馆陶组不是油气聚集的主要层位。

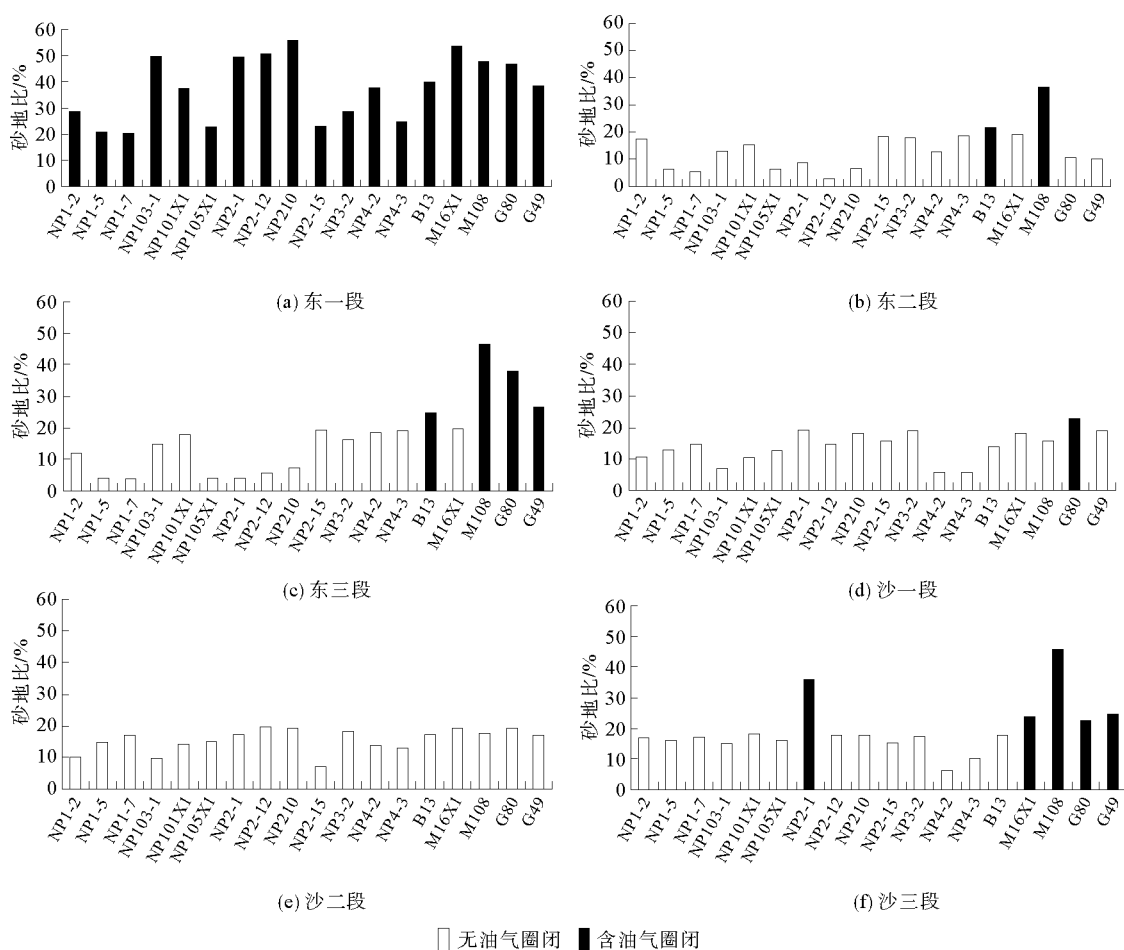


图 7 南堡凹陷地层砂岩厚度与地层厚度比值与油气分布关系图

Fig. 7 Relation between ratio of sandstone thickness and stratum thickness and oil-gas in Nanpu depression

3.4 断层与圈闭配置关系控制油气成藏的部位

砂岩厚度与地层厚度比值大于 20%的地层中,油气能否聚集成藏受油源断裂附近构造特征的控制,如果油源断裂附近正向构造(断背斜、断块、断层遮挡圈闭)发育,则有利于油气侧向运移聚集成藏。由图 4 中也可以看出,南堡凹陷中浅层目前找到的油气均分布在油源断裂附近的正向构造带上,其中以背形构造油气较密集,其次是背斜断阶带和半地堑,向形构造油气最少(图 8),因此,断层与圈闭配置关系控制着油气成藏的部位。

4 结论

1)南堡凹陷中浅层属于油源断裂沟通的下生上储式的生储盖组合,油气成藏模式为下伏沙河街组三段或沙河街组一段—东营组三段源岩生成的油气沿油源断裂向上覆中浅层中运移,由于受馆陶组三段火山岩和明下段泥岩盖层阻挡,油气在其下伏地层中侧向分流运移聚集成藏。

2)南堡凹陷中浅层断裂与其他成藏要素空间配置对油气成藏的控制作用主要表现在:①断层与油源配置关系控制着油气成藏的平面范围;②断层与盖层配置关系控制着油气成藏的深度范围;③断层与砂体配置关系控制着油气成藏的层位;④断层与圈闭配置关系控制着油气成藏的部位。

参考文献:

- [1]付广,王有功,袁大伟.三肇凹陷扶杨油层源断裂的再认识及其对成藏的控制作用[J].石油学报,2010,31(5):762-766.
Fu Guang,Wang Yougong,Yuan Dawei. Source faults of F,Y oil layer in Sanzhao depression and its control to oil accumulation[J]. Acta Petrolei Sinica,2010,31(5):762-766.
- [2]付广,王有功.三肇凹陷青山口组源岩生成油向下“倒灌”运移层位及其研究意义[J].沉积学报,2008,26(2):355-360.
Fu Guang,Wang Yougong. Migration horizons downward of oil from K_1qn source rock of F,Y Oil layer in Sanzhao depression and its significance[J]. Acta Sedimentologica Sinica,2010,31(5):762-766.
- [3]付广,郭君嗣.海塔盆地中部主要断陷带南一段油气成藏的有力条件[J].山东科技大学学报:自然科学版,2012,31(4):1-9.
Fu Guang,Guo Junsu. The favorable conditions for oil accumulation of K_1n_1 in main depression zones of central Haita basin [J]. Journal of Shandong University of Science and Technology:Natural Science,2012,31(4):1-9.
- [4]付广,孙迪.中国大气田盖层封气能力综合评价及大气田形成所需盖层条件[J].山东科技大学学报:自然科学版,2013,32(1):1-9.
Fu Guang,Sun Di. Comprehensive evaluation of cap-rock sealing ability and conditions to form effective caprock for large gas fields in China[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology:Natural Science,2013,32(1):1-9.
- [5]施立志,吴河勇,林铁峰,等.松辽盆地大庆长垣及其以西地区扶杨油层油气运移特征[J].石油学报,2007,28(6):21-26,31.
Shi Lizhi,Wu Heyong,Lin Tiefeng,et al. Characteristics of hydrocarbon migration in Fuyang oil layer in Daqing Placanticline and its western area in Songliao basin[J]. Acta Petrolei Sinica,2010,31(5):762-766.
- [6]付晓飞,平贵东,范瑞东,等.三肇凹陷扶杨油层油气“倒灌”运聚成藏规律研究[J].沉积学报,2009,27(3):558-566.
Fu Xiaofei,Ping Guidong,Fan Ruidong,et al. Research on migration and accumulation mechanism of hydrocarbon “reversed migration” in Fuyu and Yangdachengzi Formation in Sanzhao depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica,2009,27(3):558-566.
- [7]付广,冯赫青.凹陷区上生下储油侧向运移模式及油聚集:以松辽盆地三肇凹陷扶杨油层为例[J].岩性油气藏,2012,3(24):11-14.
Fu Guang,Feng Heqing. Lateral migration model of oil in combination of upper source rock and lower reservoir and oil accumulation in depressed area:An example from Fuyu and Yangdachengzi oil layer in Sanzhao depression,Songliao basin[J]. Lithologic Reservoirs,2012,3(24):11-14.
- [8]王雅春,赵金涛,王美艳.松辽盆地宋站南地区扶杨油层运聚成藏机制及主控因素[J].沉积学报,2009,27(4):752-759.
Wang Yachun,Zhao Jintao,Wang Meiyuan. Mechanisms of oil migration and accumulation in F,Y oil layers of south Songzhan region,Songliao basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica,2009,27(4):752-759.
- [9]张雷,卢双舫,张学娟,等.松辽盆地三肇地区扶杨油层油气成藏过程主控因素及成藏模式[J].吉林大学学报:地球科学报,2010,40(3):491-502.

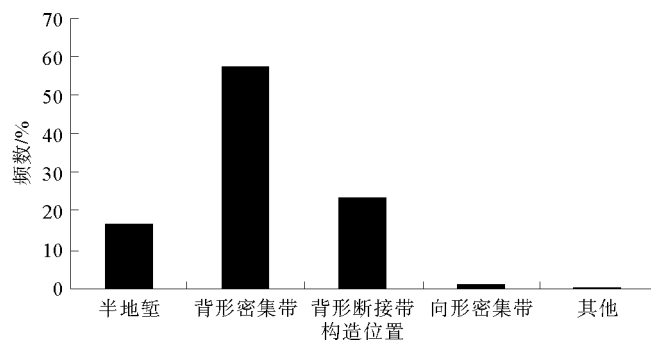


图8 南堡凹陷含油气圈闭所处构造位置分布图

Fig. 8 Distribution of structure places controlling oil and gas-bearing traps in Nanpu depression

- Zhang Lei, Lu Shuangfang, Zhang Xuejuan, et al. Controlling factors and accumulation model of hydrocarbon accumulation of the Fuyang oil units in Sanzhao Region of the Songliao basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2010, 40(3): 491-502.
- [10] 付广, 王超. 断裂密集带在上生下储油运聚成藏中的作用: 以松辽盆地三肇凹陷扶杨油层为例[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2011, 30(1): 21-26.
- Fu Guang, Wang Chao. Effect of fault condensed belts on oil migration and accumulation in combination of upper source rocks and lower reservoirs: An example of Fuyu, Yangdachengzi oil layer in Sanzhao depression of Songliao basin[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology: Natural Science, 2011, 30(1): 21-26.
- [11] 王有功, 付广, 刘阿男, 等. 源外斜坡区断裂对油气聚集与分布的控制作用研究: 以松辽盆地尚家油田扶余、杨大城子油层为例[J]. 地质论评, 2011, 57(1): 101-108.
- Wang Yougong, Fu Guang, Liu Anan, et al. Control effect of faults in hydrocarbon accumulation and distribution in slope area outside of source area: Take Fuyu and Yangdachengzi oil layers in Shangjia oil field, Songliao basin as an example[J]. Geological Review, 2011, 57(1): 101-108.
- [12] 李涛. 东营凹陷中浅层断裂运聚特征与油气成藏规律研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006: 34-96.
- [13] 张善文, 王永诗, 石砥石, 等. 网毯式油气成藏体系: 以济阳拗陷新近系为例[J]. 石油勘探与开发, 2003(2): 1-10.
- Zhang Shanwen, Wang Yongshi, Shi Dishu, et al. Meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system: Taking Neogene of Jiyang depression as an example[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003(2): 1-10.
- [14] 宋国奇, 陆相断陷盆地断-拗转换体系与地层超覆油藏“T-S”控藏模式: 以济阳拗陷第三系为例[J]. 地质学报, 2007, 81(9): 1208-1214.
- Song Guoqi. Fault-depression transformation system and “T-S” control reservoir mode of stratigraphic overlap pool: An example from Jiyang depression[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(9): 1208-1214.
- [15] 吕延防, 付广, 孙永河, 等. 南堡凹陷第三系断裂系统划分及输导和封闭性评价[D]. 大庆: 东北石油大学, 2011: 17-25.
- (责任编辑: 高丽华)

“沉积·资源·环境”研究专栏征稿

征稿范围:

- ◇地质基本科学问题、应用及发展
- ◇全球环境变化与沉积作用
- ◇盆地分析与板块运动
- ◇盆地运动学的新理论
- ◇能源的勘探与开发
- ◇大地构造沉积学
- ◇层控矿床
- ◇岩相古地理
- ◇生物成矿作用
- ◇流域开发与环境保护
- ◇层序地层与事件地质
- ◇油气储集层的成岩作用

欢迎相关领域专家、学者和工程技术人员踊跃投稿, 来稿请注明“沉积·资源·环境”专栏。稿件经专家评审通过后优先发表, 优稿优酬。

投稿平台: http://xuebao.sdust.edu.cn/index_z.asp

电子邮箱: zkglhxx@163.com; zkzxx@sdust.edu.cn

联系电话: 0532-86057859