

文章编号: 1001- 6112(2006)02- 0129- 05

烃源岩与输导体系配置规律研究

——以济阳坳陷临南洼陷为例

王克¹, 查明¹, 吴孔友¹, 张晋芳²

(1. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061; 2. 胜利石油管理局滨南采油厂, 山东 滨州 256606)

摘要: 烃源岩与输导体系的配置组合, 按二者的接触关系, 可分为垂向、侧向和交错接触型 3 种; 按输导体的类型不同, 可分为源岩—断层、源岩—连通砂体和源岩—不整合 3 种。分析了形成各类组合的控制因素, 指出了源岩与输导体系配置规律的研究意义。不同的配置组合油气运移方式、运移效率以及形成油气藏的类型都存在一定的差异, 并最终导致油气空间分布的不同特点。济阳坳陷临南洼陷中央隆起带源岩—断层配置组合决定了油气垂向优势运移, 而夏口断裂带源岩—连通砂体配置组合决定了油气横向优势运移。

关键词: 烃源岩; 输导体系; 油气运移; 临南洼陷; 济阳坳陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE122

文献标识码: A

烃源岩与输导体系是含油气系统的重要组成部分^[1-6], 但是二者之间的联系却往往被忽视, 尤其缺乏对二次运移和聚集过程中源岩所起作用的研究, 容易导致油气运移方式和成藏规律不明确。大多数油气藏都发育在紧邻主力烃源岩的储集层中, 金强、查明等先后利用烃源岩非均质性以及排烃非均质性的概念揭示了洼陷中烃源岩供烃能力的差异性, 并指出这种差异性对油气成藏具有重要意义^[7,8]。尽管断层、不整合和横向稳定发育的连通砂体能够有效的输导油气^[9-12], 但是只有这些输导体与源岩有效沟通时才具有实际意义。龚再升等认为, 当输导体与烃源岩配合时, 烃源岩生成的油气就不会均匀向四周排烃, 与烃源岩相接的输导体是主要排烃方向^[13]。与源岩接触的输导体系会影响源岩中油气排出的方式和效率, 而油气运移方式的差异会影响油气聚集模式^[14], 因此烃源岩与输导体系配置的有效性及其对油气成藏的作用将是含油气系统理论研究的一个重要方向。

1 地质概况

临南洼陷是渤海湾盆地济阳坳陷惠民凹陷北东东向的次级负向构造单元, 北以中央隆起带与滋镇洼陷相隔, 南面由临南斜坡向鲁西隆起过渡, 构成了北断南超的半地堑式洼陷。平面上是一相对孤立、封闭、多物源湖盆(图 1)。临南洼陷沙四晚期—沙三早期是湖盆的第一次扩展期, 湖盆沉降

快, 扩展迅速, 形成一个广大的湖盆, 中心在夏 38—商 541—盘 7 井一带。洼陷中心的沙三下、沙三中地层以欠补偿沉积为主, 沉积了一套以暗色油页岩、油泥岩、灰质泥岩为主的地层, 并且厚度较大, 是洼陷各油田的主要源岩。

洼陷以北靠近中央隆起带, 临商断裂活动强烈, 是临南洼陷油气往中央隆起带运移的主要输导体系。临商断层实际上是由一系列雁列断层系组成, 西段习惯称之为临邑断层, 主断层比较明显, 平面上呈弧形向东撒开, 剖面上呈铲形或座椅式; 东段为商河断层, 主断层不太明显, 实际上是由一系

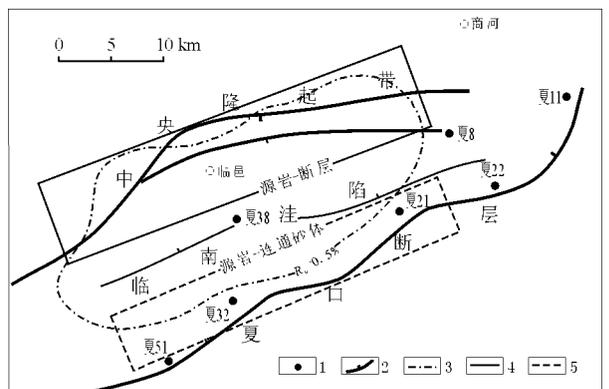


图 1 渤海湾盆地济阳坳陷临南洼陷地质概况

1. 井位; 2. 断层; 3. 成熟烃源岩;
4. 源岩—断层配置组合; 5. 源岩—连通砂体配置组合

Fig. 1 Geological sketch of the Linnan Sag in the Jiyang Depression, the Bohaiwan Basin

收稿日期: 2005- 06- 14; 修订日期: 2006- 01- 23。

作者简介: 王克(1979—), 男(汉族), 湖北仙桃人, 博士研究生, 主要从事油气形成与分布的研究工作。

基金项目: 国家“十五”重点科技攻关项目(2001BA605A- 09)。

列平行断层构成的断阶,断层在剖面上呈铲形或平面状。商河断层断阶带中连通砂体对油气的运聚也起着十分重要的作用。

洼陷以南整体上地层倾角较小,断裂发育较少,油气输导体系主要以连通砂体为主,另外,由于夏口断裂带的活动造成其下降盘产生的一系列次级断层对油气沿垂向分布产生了重要的影响。对该区油气运移起主要作用的连通砂体包括:1)沙三下滨浅湖相的滩坝砂,以细、粉砂岩为主,分选性好,砂层薄,一般为2~4 m,与深灰色的泥岩频繁互层,砂体长轴方向同岸线基本平行,向南向西逐渐尖灭;2)沙三中扇三角洲平原辫状河道垂向上多期叠加形成了大套砂体和扇三角洲前缘水下分支河道、河口砂坝砂体,扇三角洲往往发育厚层的砂岩,垂向上叠置也较好,并且扇三角洲前缘直接变为深湖、半深湖相的泥岩,所以对油气的运移具有十分重要的意义;3)沙三上水退建造型三角洲相沉积砂体,以正韵律灰色细砂岩为主。

2 烃源岩与输导体系的配置类型

不同类型的输导体系与烃源岩之间存在着不同的接触类型,按照源岩与输导体系的接触关系可以将它们之间的配置组合划分为垂向、侧向和交错接触型3种。其中垂向接触型和侧向接触型较为常见,分别出现在垂向和横向上产生相变的区域;交错接触型通常只在断裂较为发育的区域出现。侧向接触型配置组合主要发育在连通砂体型输导体与源岩在同一层位并和源岩相接触;而垂向接触型配置组合主要发育在连通砂体型输导体与源岩处于上、下相接触的范围。按照构成输导体的类型又可以将配置组合划分为源岩—连通砂体型、源岩—断裂型和源岩—不整合型,其中源岩—连通砂体型配置组合最为常见,属于沉积作用成因,而源岩—断裂型和源岩—不整合型配置组合则属于构造成因。源岩—连通砂体型和源岩—不整合型配置组合有利于源岩中生成的油气进行侧向运移,而源岩—断裂型配置组合则有利于油气进行垂向运移(图2)。

输导体系为沉积成因的配置组合,可以通过沉积相来研究其空间展布情况。湖泊相中深湖、半深湖亚相是主要烃源岩发育相带;浅湖相由于位于浪基面以上,岩石类型以粘土岩和粉砂岩为主,是一种非常重要的连通砂体发育相带;滨湖亚相一般是重要的储集层。湖相三角洲中的三角洲前缘微相也是一种重要的连通砂体发育相带,特别是三角洲

前缘的席状砂,其发育范围广,且由于水体的频繁活动易和浅湖亚相的泥岩产生砂泥互层,形成重要的烃源岩—连通砂体配置组合。海相沉积中,深海、半深海亚相是主要的烃源岩发育相带;滨海相是主要的储集层发育相带;浅海亚相由于位于平均低潮面和波基面之间,水动力条件复杂而多样,其中包括有海流、正常的和风暴引起的波浪、潮汐流以及密度流等,主要以沉积泥岩、粉砂岩和细砂岩为主,属于烃源岩和储集层之间重要的过渡相带,是海相沉积中最重要的连通砂体发育相带。深海、半深海亚相与滨浅海亚相的过渡相带容易形成源岩—连通砂体配置组合。

输导体系为构造成因的配置组合主要受构造活动的控制,尤其受断裂作用和构造抬升的剥蚀作用的控制。当断层穿过源岩层时,在源岩内部形成以断层为中心的断裂网,油气通过该断裂网直接排出。烃源岩在经过构造抬升后,遭受风化、剥蚀,形成不整合面,由于后期的沉积、埋藏使得源岩中生成大量烃类,并首先向不整合面中运移。

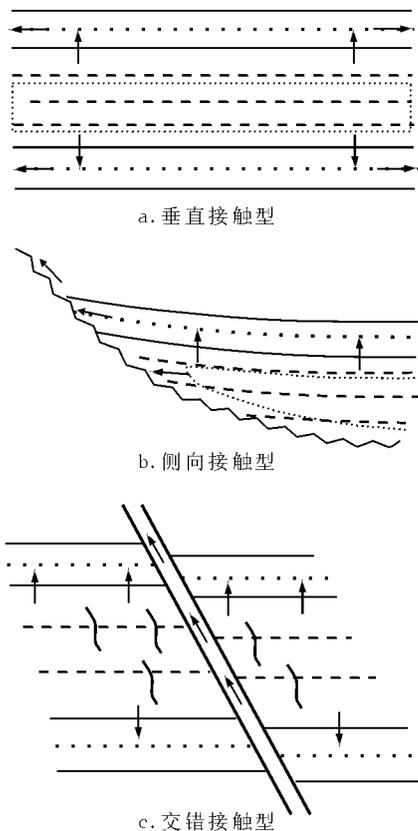


图 2 源岩与输导体系配置组合类型示意

1. 烃源岩; 2. 连通砂体; 3. 断层; 4. 裂缝; 5. 滞排段

Fig. 2 Sketch map showing combination between source rock and migration system

临南洼陷源岩与输导体系的配置组合主要包括2类:源岩—断层和源岩—连通砂体组合。具体来讲,中央隆起带以源岩—断层配置组合为主,夏口断裂带下降盘以源岩—连通砂体组合为主(图1)。

3 烃源岩与输导体系的配置规律与油气成藏

3.1 配置类型与流体运移方式

源岩与输导体系的配置关系对于油气聚集方式的影响十分重要,郝芳等^[15]根据地下流体的流动方式特别是流动的连续性,将地下流体流动分为稳态和瞬态流体流动2类。一般来讲,当源岩—断裂输导体配置为主时,油气进行二次运移的通道以断层为主,流体以瞬态流的形式进行垂向运移,垂向运移的距离取决于断裂活动强度、断裂带岩石物性、异常压力发育情况和盖层发育情况等因素,通常对应于油气的幕式成藏模式。临南洼陷烃源岩与中央隆起带临商断裂的配置组合决定了中央隆起带油气平面的集中分布与垂向多层系分布的特征,并且断裂的强烈活动对基山砂岩沙四段低孔低渗储层的油气充注起到了重要的作用。

当源岩—连通砂体输导体配置为主时,连通砂体是其主要的二次运移通道,此时流体多以稳态流的形式进行横向运移,侧向运移的距离取决于连通砂体的横向展布范围以及构造特征,此种模式对于海相地层的油气运聚尤为重要。临南洼陷烃源岩与夏口断层上盘三角洲相连通砂体的配置组合决定了夏口断裂带附近油气发散状分布和油气垂向上分布层位较为集中的特点。

总之,源岩—断裂型配置组合容易形成油气沿垂向进行优势运移,断裂活动可以促使油气由深向浅大量运移,这也是沿着控源断裂能够发现大量油气藏的原因。连通砂体—源岩配置组合容易形成油气沿侧向进行优势运移,并且在连通砂体横向展布较好的情况下发生层内长远距离运移。连通砂体—源岩配置也可以发生油气沿垂向进行层间大规模运移,如东营凹陷胜北断层上升盘砂砾岩扇体广泛发育,在其主要发育层位 E_3^{4+} — E_3^{3+} 扇体呈退积式层层叠置、纵向上彼此连通,与砂砾岩扇体横向接触的源岩生成的油气沿着垂向叠置的砂砾岩体垂向运移至扇体上部成藏^[16]。

3.2 配置类型与运移效率

从排烃的角度出发,在烃源岩一致的情况下,

交错接触型的配置组合能使烃源岩中产生大量的三维空间的微裂缝排烃,使更多的油气得以从源岩中排出,从而提高了油气输导的效率(图2c)。相比而言,垂向和侧向接触型中烃源岩只能部分排烃,由于侧向接触面积要小于垂向接触面积,因此垂向接触型较侧向接触型能够更好的使相邻源岩中的油气排出。

从油气运移动力的角度出发,浮力在垂向和侧向接触型中对油气的运移起重要的作用。越来越多的学者认为,地震泵作用是源岩—断层配置组合中油气运移的主要动力,它使油气呈幕式排出并迅速进行垂向运移。Hooper认为流体沿生长断层的流动具有周期性、突发性的特征,通过成熟烃源岩的生长断层能作为油气运移的通道^[17]。阎福礼从微裂隙—裂缝—断层的动态发育过程探讨了地震泵作用机理,认为在构造活动活跃期,油气在“地震泵”作用下以混相涌流方式沿断层面快速运移^[18,19]。

油气二次运移的效率受二次运移距离、速度和数量的影响^[20]。源岩—断层配置组合中源岩生成的油气多数在断层附近聚集成藏,由于断裂系统输导油气的能力要强于连通砂体和不整合,因此源岩—断层配置组合具有运移距离短、速度快和瞬时大规模运移的特点,其运移效率最高。源岩与输导体系配置组合的差异造成油气运移效率的差异,解释了我国东部断裂盆地油气沿控源断裂大规模聚集的成因。

3.3 配置类型与油气成藏

1) 源岩—断裂型配置组合容易形成油气沿断裂带垂向富集。惠民凹陷中央隆起带西部临商断裂与临南洼陷有效烃源岩呈交错接触,临盘油田油气从沙河街组至馆陶组均十分发育,各层系原油均表现出高密度、高粘度的物性特征,反映了该区油气受临商断裂活动的影响。临商断裂幕式活动为油气运移提供了足够的动力,使临南洼陷生成的油气通过临商断裂向浅层进行垂向运移,主要形成断块、背斜以及断鼻油气藏(图3)。

2) 源岩—连通砂体型配置组合通过油气的横向运移容易形成油气垂向单层系、横向大面积发育的特点。临南油田主要的烃源岩位于临南洼陷和夏口断层下降盘附近的沙三中—沙四上,由于临南洼陷附近的断裂发育较少,只在夏口断层下降盘附近发育一些小规模的断层,因此源岩与输导体系的配置组合以源岩—连通砂体和源岩—断层为主。具体来讲,靠近临南洼陷以源岩—连通砂体配置组

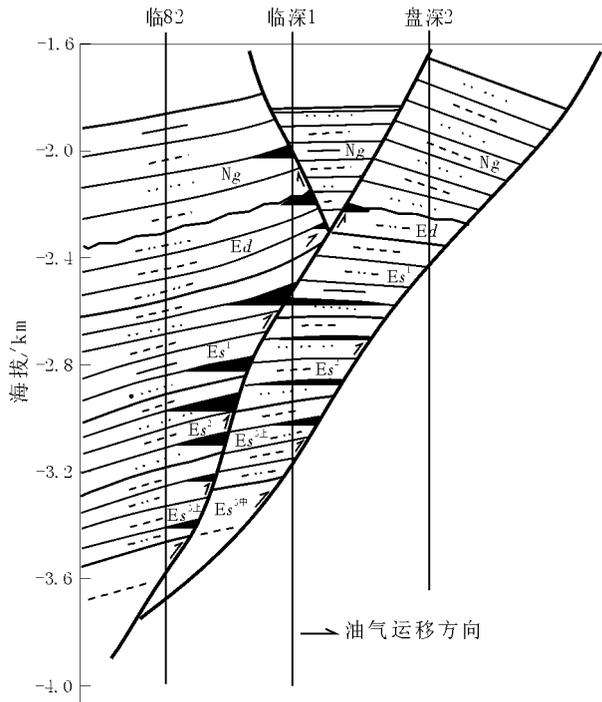


图 3 渤海湾盆地济阳拗陷临盘油田油气垂向运移模式

Fig. 3 Petroleum migration mode of the Linpan oil field in the Jiyang Depression, the Bohaiwan Basin

合为主, 源岩与连通砂体属于侧向沉积相变式接触关系, 这种接触关系中源岩的排烃范围只在靠近连通砂体 20 m 左右的空间, 其排烃效率较低, 尽管临南洼陷内生烃量较大, 但该组合的供烃能力比较有限; 靠近夏口断裂带下降盘则以源岩—断层配置组合为主, 在部分烃源岩与储集层互层的层段也包含一些源岩与连通砂体相配置的垂向沉积相变式接触关系, 这 2 类组合的排烃效率相对较高, 但由于夏口断裂带下降盘烃源岩发育程度较洼陷内差, 因此其供应的烃类也比较有限。上述 2 个区域不同的源岩—输导体系配置关系导致了临南—钱官屯运聚单元中的烃源受到了一定的限制。

3) 源岩—不整合型配置组合主要有利于形成地层油气藏。通过分析源岩与输导体系配置类型的空间展布特点, 可以用于了解油气的空间分布规律。

4 结论

1) 源岩与输导体系的配置类型按照接触关系可分为垂向接触型、横向接触型和交错接触型 3 种; 按照配置组合中输导体系的类型可分为源岩—断层、源岩—连通砂体和源岩—不整合 3 种; 按照成因类型可分为沉积成因和构造成因 2 类。

2) 横向和垂向的沉积相变是形成源岩—连通

砂体配置组合的主控因素, 构造活动是形成源岩—断层和源岩—不整合配置组合的主控因素。

3) 源岩—断层配置组合中油气多以垂向瞬态流运移为主, 运移效率较高, 适合于近距离垂向聚集, 以形成垂向上多层系的断层油气藏为主; 源岩—连通砂体配置组合中油气多以横向稳态流运移为主, 运移效率相对较低, 适合于横向长距离聚集成藏, 以地层、岩性和断层油气藏为主。

参考文献:

- 1 张义杰, 况 军. 含油气系统概念及其划分方法[J]. 新疆石油地质, 1997, 18(2): 180~ 184
- 2 赵靖舟. 油气系统理论及中国西北含油气系统划分[J]. 西安石油学院学报, 1997, 12(5): 14~ 38
- 3 赵 阳, 刘 震, 宋书君. 渤海湾盆地东营凹陷南区通王断裂带下第三系成藏动力及输导体系特征[J]. 石油实验地质, 2004, 26(6): 557~ 561
- 4 赵文智, 何登发, 瞿 辉等. 复合含油气系统中油气运移流向研究的意义[J]. 石油学报, 2001, 22(4): 7~ 12
- 5 姜建群, 廖成君, 张福功. 指导油气勘探的新思路——从含油气系统到油气成藏动力学[J]. 西北地质, 2002, 35(2): 34~ 40
- 6 付 广, 刘洪鑫, 段海风. 断层不同输导通道封闭机理及其研究方法[J]. 石油实验地质, 2005, 27(4): 404~ 408
- 7 朱光有, 金 强. 烃源岩的非均质性研究——以东营凹陷牛 38 井为例[J]. 石油学报, 2002, 9(5): 34~ 39
- 8 陈中红, 查 明. 济阳拗陷古近系烃源岩结构及排烃的非均一性[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(6): 45~ 47
- 9 张卫海, 查 明, 曲江秀. 油气输导体系的类型及配置关系[J]. 新疆石油地质, 2003, 24(2): 118~ 120
- 10 付 广, 薛永超, 付晓飞. 油气运移输导系统及其对成藏的控制[J]. 新疆石油地质, 2001, 22(1): 24~ 26
- 11 谢泰俊, 潘祖荫, 杨学昌. 油气运移动力及通道体系[A]. 南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 385~ 405
- 12 赵忠新, 王 华, 郭齐军等. 油气输导体系的类型及其输导性能在时空上的演化分析[J]. 石油实验地质, 2002, 24(8): 527~ 536
- 13 龚再升, 杨甲明. 油气成藏动力学及油气运移模型[J]. 中国海洋石油地质, 1999, 13(4): 235~ 239
- 14 陈强路, 刘 毅, 朱美茜. 油气生成、运移模拟实验探讨[J]. 石油实验地质, 1999, 21(4): 352~ 35
- 15 郝 芳, 邹华耀, 杨旭升等. 油气幕式成藏及其驱动机制和识别标志[J]. 地质科学, 2003, 38(3): 403~ 412
- 16 熊 伟, 阎 伟, 刘承华. 胜北地区油气输导体系分析及其勘探意义——以沱 75 井失利原因分析为例[J]. 断块油气田, 2003, 10(1): 9~ 11
- 17 Hooper E C D. Fluid migration along growth faults in compacting sediments[J]. Journal of Petroleum Geology, 1991, 4(2): 161~ 180
- 18 阎福礼, 贾 东, 卢华复等. 东营凹陷油气运移的地震泵作用[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(4): 295~ 298

19 于翠玲, 曾溅辉. 断层幕式活动期和间歇期流体运移与油气成藏特征[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 129~ 133

20 李明诚. 石油与天然气运移[M]. 第 3 版. 北京: 石油工业出版社, 2004: 143~ 153

CONFIGURATION RULE OF SOURCE ROCKS AND MIGRATION SYSTEM —AN EXAMPLE FROM THE LINNAN SAG IN THE JIYANG DEPRESSION OF THE BOHAIWAN BASIN

Wang Ke¹, Zha Ming¹, Wu Kongyou¹, Zhang Jinfang²

(1. China University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061, China;

2. Binnan Oil Production Factory, Shengli Petroleum Administration, Binzhou, Shandong 256606, China)

Abstract: The configuration of source rocks and transportation system can be divided into three types of vertical contact, lateral contact and staggered contact according to their contact relationship, and can also be divided into three types of source rocks-fault, source rocks-connected sand bodies and source rocks-unconformity according to different hydrocarbon migration system. The control factors forming different combination and important effects on configuration rule of hydrocarbon source rock and transportation system were summarized. In different configuration combination, there are some difference on hydrocarbon migration fashion, migration efficiency and forming-pool types, which made different characteristic of spacial distribution of oil and gas. The configuration between source rock and fault controlled vertically dominant petroleum migration in central up-lift belt of the Linnan Sag, the Jiyang Depression of the Bohaiwan Basin. The configuration between source rock and connected sand bodies controlled laterally dominant petroleum migration in the Xiakou fault zone of the Jiyang Depression.

Key words: hydrocarbon source rock; transportation system; petroleum migration; the Linnan Sag; the Jiyang Depression; the Bohaiwan Basin

金庆焕院士莅临无锡石油地质研究所作学术报告

2006年4月18日上午, 中国工程院院士金庆焕应邀到中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所, 就海洋地质及国外和南海深水油气勘探开发某些新进展作了精彩的报告。他系统地介绍了深海钻探、大洋钻探计划, 以及广州海洋地质调查局在南海地区进行海洋地质工作取得的主要成果。他在谈到国外深水油气勘探开发概况时说, 国外深水油气勘探始于20世纪70年代, 截止2003年底, 全世界已发现深水油气田328个, 已投入开发的有75个, 深水油气勘探工作越来越受到有关国家的重视。目前, 全球深水油气勘探3大热点是巴西坎波斯盆地、墨西哥湾、西非海域。在南海深水油气勘探开发方面, 主要集中在南海南部曾母盆地中北部、文莱-沙巴盆地北部, 北巴拉望盆地西北部等。此外, 他还介绍了周边国家在南沙海域油气勘探的4个阶段, 分析了我国在南沙海域油气勘探中面临的严峻形势, 并提出有关对策建议。

(本刊编辑部)