

# 东营凹陷八面河地区孔店组底界不整合特征及 对油气成藏的控制作用

唐历山<sup>1</sup>,张树林<sup>1</sup>,张先平<sup>1</sup>,唐文旭<sup>2</sup>

(1.中国地质大学(武汉)资源学院,湖北 武汉 430074; 2.中国石化江汉油田分公司 勘探开发研究院,湖北 武汉 430223)

**摘要:**东营凹陷八面河地区发育多期不整合,其中孔店组底界的区域性不整合对研究区深层油气成藏具有重要的控制作用。大量地震资料解释结果表明,八面河地区发育削超、平超和削平3种不整合类型。根据岩性及测井资料分析,将不整合在纵向上划分为不整合之上岩石、不整合之下风化粘土层和半风化岩石3层结构;受风化淋滤作用影响,半风化岩石的储层物性可以得到不同程度的改善。不整合构成了八面河地区油气侧向运移的重要通道,众多油气显示或油气藏均位于不整合上、下40 m范围内。研究区不同的不整合类型与其上、下岩性相配置,可形成12种不整合岩性组合模式,对油气运聚成藏具有不同的控制作用。在八面河地区削超型和平超型不整合分布区,若纵向上为砂—泥对接岩性组合,可在不整合之上的孔店组形成地层超覆油气藏;在削超型和削平型不整合分布区,若纵向上为泥—砂对接岩性组合,可在不整合之下形成潜山油气藏。

**关键词:**不整合 孔店组 地层超覆油气藏 潜山油气藏 八面河地区 东营凹陷

**中图分类号:**TE112.31

**文献标识码:**A

**文章编号:**1009-9603(2014)06-0037-04

不整合是一种常见的地质现象,其形成通常是区域性地壳运动、海(或湖)平面升降或局部构造作用的结果<sup>[1-2]</sup>。前人对中国东、西部盆地的不整合进行了研究,认为其对改善储层物性和促进油气成藏具有重要作用<sup>[3-10]</sup>。东营凹陷位于渤海湾盆地东南部,是在古生代华北地台基础上发育形成的中、新生代叠合盆地<sup>[11-14]</sup>。八面河地区位于东营凹陷的东南斜坡,经历了印支、燕山和喜马拉雅等多期构造运动,地层抬升、剥蚀严重;自下而上发育寒武系—奥陶系、石炭系—二叠系、侏罗系、白垩系、孔店组一段(孔一段)、沙河街组、东营组、馆陶组及明化镇组,发育多个不同级别、不同规模的不整合,包括普遍发育的中、古生界与新生界之间孔店组底界的区域性不整合。随着对八面河地区油气勘探的逐步深入,其深层中、古生界潜山及孔店组的油气成藏规律受到越来越多的关注<sup>[15-18]</sup>;开展针对孔店组底界不整合特征的研究,分析其对油气成藏的控制作用,对研究区深层油气勘探具有重要指导意义。

## 1 不整合类型及分布规律

依据传统分类方案,一般将不整合类型划分为

平行不整合和角度不整合<sup>[19]</sup>。近年来,为了精细研究不整合对油气成藏的控制作用,根据不整合结构及其上、下地层的接触关系,将不整合宏观构建样式划分为削超、削平、平超和平行共4种类型<sup>[20-23]</sup>。削超型不整合表现为不整合之下的地层被明显削截,之上的地层逐层上超;削平型不整合表现为不整合之下的地层被明显削截,之上的地层基本呈平行状态;平超型不整合表现为不整合之下的地层基本呈平行状态,之上的地层逐层超覆;平行型不整合表现为不整合上、下的地层均基本呈平行状态。

八面河地区孔店组底界的不整合之下发育中、古生界,之上发育孔店组。由于长期的风化剥蚀,其反射特征在地震剖面上表现为起伏不平,不整合上、下的波阻抗差较大,产生的反射波振幅较强,具有界面清晰以及连续性好的特征。研究区主要发育削超、平超和削平3种不整合类型,不同类型的不整合在平面上具有一定的分布规律(图1)。研究区为东营凹陷的斜坡,其孔店组底界不整合的下伏地层多为高角度倾斜,上覆孔店组向南西方向逐层超覆,因此削超型不整合是八面河地区最主要的不整合类型,分布最广泛。平超型和削平型不整合主要分布于八面河断层的上升盘。其中,平超型不整合

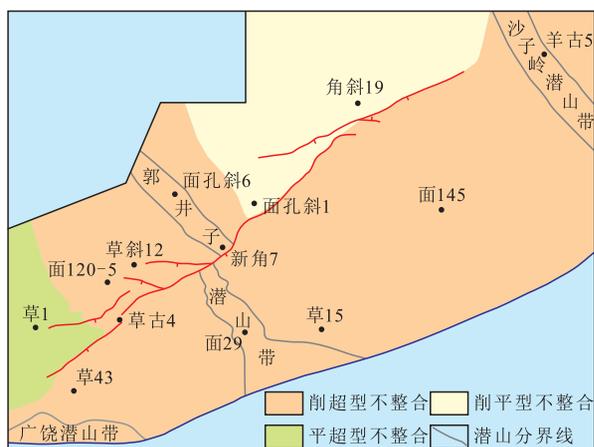


图1 东营凹陷八面河地区孔店组底界不整合类型平面分布

主要分布于研究区的西端,其下伏地层为上古生界石炭系—二叠系;削平型不整合分布于研究区的东北部,在其上覆孔店组沉积之前,该区域已被夷平,致使上覆地层平行覆盖于不整合之上。平行型不整合的上、下地层基本呈平行状态,有利于油气运移,但是难以形成油气聚集;对于平超型和削平型不整合,油气可在不整合上(下)聚集形成地层油气藏;而削超型不整合对油气成藏最为有利,油气在不整合上、下均可聚集成藏。

## 2 不整合纵向结构特征及岩性组合模式

### 2.1 纵向结构特征

随着油气勘探研究的深入,人们已经认识到不整合不是一个简单的“面”,而是与其上、下地层一起组成的一个特殊地质体,由不整合之上岩石、不整合之下风化粘土层及半风化岩石组成<sup>[24-26]</sup>。由于受到沉积间断时间、风化母岩岩性、古气候、古地形及上覆沉积物等多种因素的影响,常缺失不整合结构的风化粘土层,从而形成2层结构<sup>[27-28]</sup>,且每层结构具有不同的岩石类型、特征及测井响应特征。

八面河地区孔店组底界不整合之上主要发育砾岩、砂岩和泥岩。研究区物源来自南部的广饶凸起,属于近源沉积,由南至北泥岩逐渐增多,且砂砾岩也非常发育,在部分物性较好的砂砾岩发育区有比较活跃的油气显示。

不整合之下风化粘土层也称为古土壤,位于风化壳最上部,是在物理风化的基础上、经生物化学风化作用改造形成的细粒残积物<sup>[23]</sup>;其岩石类型以杂色泥岩和红色泥岩为主,偶含砂砾。八面河地区

面孔斜1井(图2a)钻遇的风化粘土层为棕色砂质泥岩,是下部棕色砂砾岩经风化作用形成的产物,其声波时差和自然伽马值均较高;且风化粘土层在上覆沉积物的压实作用下变得较为致密,可作为一套良好的封盖层阻止油气的窜层运移。由于八面河地区位于东营凹陷的斜坡部位,其上覆沉积物为较强水动力条件下形成的冲积扇沉积,风化作用形成的一些碎屑难以在原地保留,因此研究区通常缺失风化粘土层,且母岩为碳酸盐岩的风化粘土层更难以保存,例如面29井即缺失该套地层(图2b)。

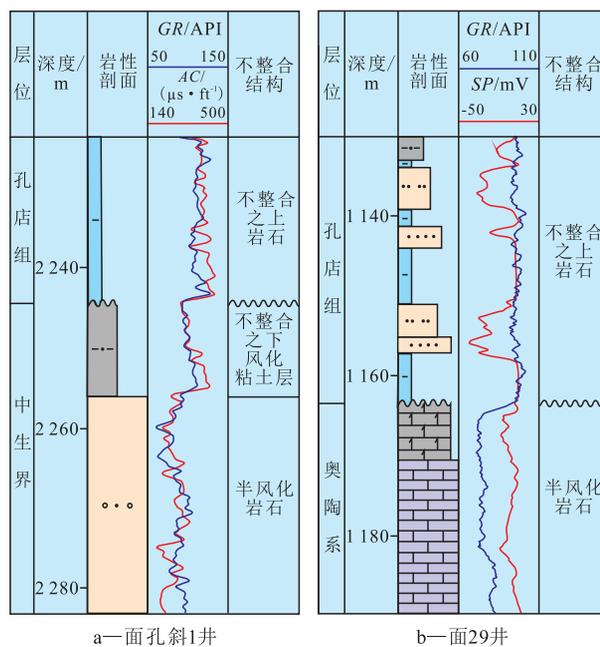


图2 东营凹陷八面河地区不整合纵向结构及测井响应特征

半风化岩石是不整合纵向结构中重要的组成部分,其厚度因岩性不同存在较大差异。研究区半风化岩石类型主要有碳酸盐岩、砂岩、砾岩、泥岩和火山岩5种。受风化淋滤作用影响,其岩层中的裂缝和次生孔隙极为发育,使半风化岩石的渗透性得到不同程度的改善,测井响应特征相比未风化的岩石具有声波时差值减小、自然电位异常等特征(图2b)。碳酸盐岩与碎屑岩相比,不稳定矿物含量高、极易风化,导致岩石的裂缝、溶孔和溶洞发育,在研究区的碳酸盐岩潜山中发现了大量的地层油气藏。对新角7井的岩心观察显示,其溶孔、溶解缝和构造裂缝在奥陶系风化壳顶部1 510.4~1 519 m井段极为发育,且该井在钻井过程中发生过井漏。研究结果表明,同一口井在岩性相同、埋深基本一致的前提下,其半风化岩石相对于未风化岩石的孔隙度和渗透率可分别提高6%~10%和 $30 \times 10^{-3} \sim 175 \times 10^{-3} \mu\text{m}^{2[29]}$ ,因此半风化岩石有利于油气聚集成藏。

## 2.2 岩性组合模式

八面河地区不整合上、下的岩性类型较多,组合样式复杂。将不整合上、下物性较好的砂岩、砾岩和碳酸盐岩统一归为砂型,具有输导作用;而物性较差的泥岩和火山岩等归为泥型,具有遮挡作用。根据研究区发育的不整合类型,将其不整合岩性组合模式划分为12种类型<sup>[21]</sup>,分别为削超砂泥型、削超砂砂型、削超泥砂型、削超泥泥型、平超砂泥型、平超砂砂型、平超泥砂型、平超泥泥型、削平砂泥型、削平砂砂型、削平泥砂型和削平泥泥型。由于研究区风化粘土层的分布范围较小,因此不整合岩性组合模式中未包括风化粘土层。不同的不整合岩性组合模式对八面河地区的油气运移、聚集成藏具有不同的控制作用。若不整合上、下为泥—泥对接,则对油气具有很好的封堵作用;在砂—泥对接的组合中,削超砂泥型、削超泥砂型、平超砂泥型和削平泥砂型4种不整合岩性组合模式,由于其自身具备储、盖及侧向封堵等条件,易于形成地层

圈闭,有利于油气成藏。而砂—砂对接的不整合岩性组合模式则易于形成输导层,有利于油气运移。

## 3 不整合对油气成藏的控制作用

### 3.1 油气运移的重要通道

不整合之上的砂、砾岩和不整合之下的半风化石共同构成了不整合体系的双重油气运移通道,可连通不同时期形成的储层和断层,组成区域性的运移通道网络<sup>[9]</sup>。油源对比及钻井试油统计结果表明(表1),八面河地区深层潜山和孔一段的油气主要来自北部牛庄洼陷的孔二段烃源岩,其油气横向运移距离达40 km,在研究区不整合上、下40 m范围内均有油气显示或获得工业油气流。由于缺乏从研究区直接延伸至北部牛庄洼陷生烃中心的南北向连通砂体,而断层在油气运移中主要起纵向运移作用,因此不整合成为八面河地区油气长距离侧向运移的重要通道。

表1 八面河地区钻井试油资料统计

井号	试油井段/m	产油量/(t·d <sup>-1</sup> )	不整合埋深/m	不整合发育层位	与不整合距离/m	油层分布位置
草古4	1 241.4~1 242.7	1.0	1 249	中、下侏罗统与孔店组之间	7	
面古3	1 678.4~1 683.8	2.8	1 720	中、下侏罗统与孔店组之间	36	不整合之上
草斜12	1 720.4~1 731.2	3.0	1 761.5	上侏罗统一下白垩统与孔店组之间	30.3	
面14-1-斜71	1 554.69~1 595.08	21.0	1 539	奥陶系与孔店组之间	14	不整合之下
广2-斜6	2 614.6~2 633.2	1.2	2 600	中、下侏罗统与孔店组之间	14.6	

### 3.2 形成多种类型油气藏

在研究区划分的12种不整合岩性组合模式中,削超砂泥型和平超砂泥型形成的地层圈闭位于不整合之上,主要形成地层超覆油气藏;削超泥砂型和削平泥砂型形成的地层圈闭位于不整合之下,主要形成地层削截油气藏和潜山油气藏。通过地震、测井、录井及试油资料分析发现,八面河地区主要发育地层超覆油气藏和潜山油气藏,从生烃洼陷生成的油气以不整合作为主要运移通道,以断层垂向运移为辅,与合适的圈闭条件匹配即可成藏(图3)。

八面河地区的地层超覆油气藏主要发育在孔店组底部。受古地貌影响,研究区孔一段沉积时期为填平补齐式沉积,不整合具有很好的侧向遮挡作用,从生烃洼陷运移至此的油气,以孔一段泥岩作为盖层,在不整合之上的砂体中即可聚集成藏。平面上,在削超型和平超型不整合分布区,纵向上为砂—泥对接岩性组合,是地层超覆油气藏分布的主

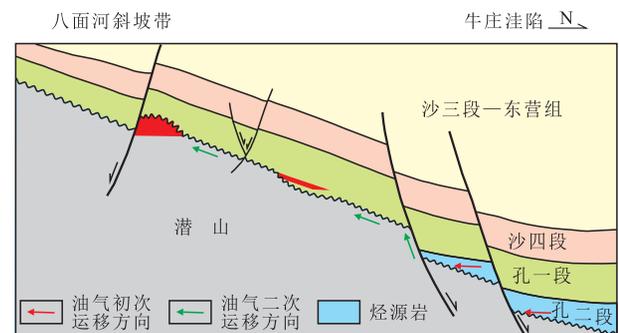


图3 八面河地区与孔店组底界不整合相关的油气成藏模式

要区域;由北部牛庄洼陷向研究区运移的油气多被八面河断层阻挡,在八面河断层下降盘的孔店组难以形成油气聚集;而在上升盘西南部的草古4、面120-1-12、面120-5-斜5和草斜12等多口井均在孔店组发现地层超覆油气藏,是研究区寻找该类油气藏的有利地区。

潜山油气藏以不整合之下的半风化石为储

层,以孔店组泥岩为封盖层,来自牛庄洼陷孔二段烃源岩的油气经过优势运移通道,即可在构造高位聚集成藏,形成“新生古储”型油气藏。平面上,在削超型和削平型不整合分布区,纵向上为泥—砂对接岩性组合,是潜山油气藏分布的主要区域。由于不整合之下的碳酸盐岩为有利储层,因此研究区新角7井区的多口井均发现该类油气藏;此外,对于削超型不整合发育的沙子岭碎屑岩潜山,若在纵向上具有有利的岩性配置,也是潜在的潜山油气藏有利勘探区。

## 4 结论

东营凹陷八面河地区发育削超、平超和削平3种不整合类型,其中削超型不整合在研究区分布最广泛。在纵向上可将八面河地区孔店组底界的不整合划分为不整合之上岩石、不整合之下风化粘土层及半风化岩石3层结构,其中不整合之下风化粘土层分布范围较小,一般形成2层结构。不整合之上主要发育砾岩、砂岩和泥岩,半风化岩石主要发育碳酸盐岩、砂岩、砾岩、泥岩和火山岩5种岩石类型,其裂缝和次生孔隙极为发育,是油气聚集的有利场所。根据研究区的不整合类型及其上、下岩性可划分为12种不整合岩性组合模式,对油气成藏具有不同的控制作用。其中,纵向上为砂—泥对接的岩性组合,平面上位于削超型和平超型不整合分布区,可在不整合之上的孔店组形成地层超覆油气藏,且由于八面河断层对油气的遮挡作用,在断层北部区域应为研究区寻找该类油气藏的主要目标区;纵向上为泥—砂对接的岩性组合,平面上位于削超型和削平型不整合分布区,可在不整合之下形成潜山油气藏。

### 参考文献:

- [1] 陈发景,张光亚,陈昭年.不整合分析及其在陆相盆地构造研究中的意义[J].现代地质,2004,18(3):269-275.
- [2] 何登发.不整合面的结构与油气聚集[J].石油勘探与开发,2007,34(2):142-149.
- [3] 陈涛,蒋有录,宋国奇,等.济阳拗陷不整合结构地质特征及油气成藏条件[J].石油学报,2008,29(4):499-503.
- [4] 刘维亮,夏斌,孙治雷,等.徐家围子断陷深层不整合结构及其与天然气运移的关系[J].油气地质与采收率,2011,18(6):14-17.
- [5] 袁书坤,王英民,刘振湖,等.北黄海盆地东部拗陷不整合类型及油气成藏模式[J].石油勘探与开发,2010,37(6):663-667.
- [6] 陈涛,宋国奇,蒋有录,等.不整合油气输导能力定量评价——以济阳拗陷太平油田为例[J].油气地质与采收率,2011,18(5):27-30.
- [7] 肖乾华,李美俊,彭苏萍,等.辽河东部凹陷北部不整合类型及油气成藏规律[J].石油勘探与开发,2003,30(2):43-45.
- [8] 张新涛,牛成民,黄江波,等.黄河口凹陷渤中34区明化镇组下段油气输导体系[J].油气地质与采收率,2012,19(5):27-30.
- [9] 吴孔友,白森,崔世凌.渤海湾盆地惠民凹陷南坡中生界顶部不整合结构特征及成藏作用[J].石油实验地质,2012,34(4):357-361.
- [10] 吴孔友,查明,柳广弟.准噶尔盆地二叠系不整合面及其油气运聚特征[J].石油勘探与开发,2002,29(2):53-57.
- [11] 李云平,吴时国,韩文功,等.东营凹陷前古近系构造综合地球物理反演[J].石油大学学报:自然科学版,2005,29(2):16-20.
- [12] 王永诗,郝雪峰.断陷盆地油气成藏作用面及其石油地质意义——以济阳拗陷东营凹陷为例[J].油气地质与采收率,2013,20(1):1-5.
- [13] 万欢,黄文辉,王华军.东营凹陷北部陡坡带沙河街组四段砂砾岩成岩作用[J].特种油气藏,2012,19(2):39-42.
- [14] 阳怀忠,任建业,陆金波.东营凹陷负反转构造样式及其运动学特征[J].地球科学——中国地质大学学报,2009,34(3):493-501.
- [15] 朱先才,唐海.八面河地区孔店组油气成藏模式分析[J].石油天然气学报,2005,27(6):691-693.
- [16] 吕修祥.渤海湾盆地八面河地区潜山油气聚集[J].石油学报,1999,20(2):23-29.
- [17] 于红枫,王英民,李雪.渤海湾盆地东营凹陷八面河地区潜山油气藏[J].石油与天然气地质,2005,26(3):323-328.
- [18] 徐义卫.济阳拗陷八面河地区古近系孔店组油气成藏特征[J].石油与天然气地质,2011,32(3):352-359.
- [19] 曾佐勋,樊光明.构造地质学[M].3版.武汉:中国地质大学出版社,2008:20-23.
- [20] 郭维华,牟中海,赵卫军,等.准噶尔盆地不整合类型与油气运聚关系研究[J].西南石油学院学报,2006,28(2):1-3.
- [21] 隋风贵,赵乐强.济阳拗陷不整合结构类型及控藏作用[J].大地构造与成矿学,2006,30(2):161-167.
- [22] 曹剑,胡文瑄,张义杰,等.准噶尔盆地油气沿不整合运移的主控因素分析[J].沉积学报,2006,24(3):399-406.
- [23] 牟中海,何琰,唐勇,等.准噶尔盆地陆西地区不整合与油气成藏的关系[J].石油学报,2005,26(3):16-20.
- [24] 王艳忠,操应长,王淑萍,等.不整合空间结构与油气成藏综述[J].大地构造与成矿学,2006,30(3):326-330.
- [25] 常波涛.陆相盆地中不整合体系与油气的不均一性运移[J].石油学报,2006,27(5):19-23.
- [26] 吴孔友,查明,洪梅.准噶尔盆地不整合结构的地球物理响应及油气成藏意义[J].石油实验地质,2003,25(4):328-332.
- [27] 赵乐强,张金亮,宋国奇,等.济阳拗陷前第三系顶部风化壳结构发育特征及对油气成藏的影响[J].地质学报,2009,83(4):570-578.
- [28] 陈涛,蒋有录,宋国奇,等.济阳拗陷不整合结构的发育过程及发育模式[J].油气地质与采收率,2009,16(5):33-37.
- [29] 王东旭.东营南坡新生界与中生界不整合面特征及对油气成藏的影响[J].天然气地球科学,2012,23(2):279-283.