

级差优势通道与双河油田油气分布的差异性

尹 伟^{1 2)} 吴胜和^{1 2)} 古 莉³⁾ 陈文学⁴⁾ 赵 追⁴⁾ 明海慧²⁾

(1)石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室 ,北京 ,102249 2)石油大学资源与信息学院 ,
北京 ,102249 3)中国地质大学 ,北京 ,100083 4)河南石油勘探局勘探开发研究院 ,河南 南阳 ,473132)

摘 要 双河油田是中国典型的“小而肥”油田 ,储量丰度很高。但进一步的研究表明 ,在储量丰度如此之高的油田 ,大部分圈闭却并未充满油气 ,而且不同圈闭充满度之间存在着较大的差异。为了探讨双河油田油气差异分布的原因 ,即影响双河油田圈闭充满度的因素 ,本文对圈闭充满度的影响因素进行了详细分析 ,研究发现双河油田油气是以油组为充注基本单元 ,侧向进行充注和运移的 ,各油组内油气充注受级差优势通道的控制 ,其导致双河油田油气分布的差异性。
关键词 级差优势通道 圈闭充满度 油气分布的差异性 双河油田

Dominant Pathway Caused by Permeability Contrast and Difference of Oil and Gas Distributions in Shuanghe Oilfield

YIN Wei^{1 2)} WU Shenghe^{1 2)} GU Li³⁾ CHEN Wenxue⁴⁾ ZHAO Zhui⁴⁾ MING Haihui²⁾

(1)Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism in University of Petroleum ,Ministry of Education ,Beijing ,102249 ;
2)Resource & Information Institute of Petroleum University ,Beijing ,102249 3)China University of Geosciences ,
Beijing ,100083 4)Exploration and Development Research Center of Henan Petroleum Exploration Bureau ,Henan ,473132)

Abstract The Shuanghe oilfield is a typical “small and rich” continental oilfield in China ,with reserves of over one hundred million tons. Nevertheless ,further studies show that most traps in the oilfield are not filled with oil ,and different traps have different oil-filling degrees. In order to find the factors responsible for the difference in petroleum distributions ,namely ,the factors affecting the oil-filling degrees of traps in the Shuanghe oilfield ,the authors made detailed analysis in this paper. The results show that oil fills the traps with oil measures as the basic unit and migrates along the oil measures laterally ,and that oil-filling is controlled by dominant pathway caused by permeability contrast in the oil measures ,which results in the difference of petroleum distributions in the Shuanghe oilfield.

Key words dominant pathway caused by permeability contrast degree of oil-filling of trap difference of petroleum distributions Shuanghe oilfield

1 前言

油气运移路径和通道是油气二次运移和聚集研究中的重要问题 ,因为油气的运移通道和路径直接影响油气的运移方向和聚集部位 ,从而导致油气的差异分布。
国内外许多学者对油气二次运移的路径进行了研究 ,Gussou(1954 ,1968)认为 ,油气运移通道可以看成宽度很有限的河流或溪流 ,其位置很大程度上受构造形态控制。Dembicki 等(1989)和 Catalan 等

(1992)实验证明了石油主要沿很有限的路径或通道运移 ,而这些路径或通道刚好分布在盖层表面下部的运载层顶部。Thomas 等(1994)实验证实 ,成熟源岩上方的许多油气运载层都与油气运移有一定联系 ,含油饱和度一般为 5 % ~ 10 %。但在横向运移期间 ,油气的运移通道仅占整个运载层中的很小一部分 ,并刚好位于盖层下方运载层顶部 0.5 ~ 1 m 的部位。Larter(1995)认为 ,一些油田的油气主要通过宽度仅为几十米或更小的路径或通道的输导层运移 ,充注圈闭形成油气藏。England 等(1987)认为 ,

本文由中国石化集团公司重点科技攻关项目“泌阳凹陷成烃成藏基础理论研究”(编号:P00016)资助。
第一作者 尹伟 数据 72 年生 ,主要从事石油地质及油藏描述研究 ,E-mail :yinwei-lsy@263.net。

在地下油气运移过程中仅有 1%~10% 的横截面积的输导层用作石油的运移通道。Hindle 等(1997)认为 ,在油气生成区的上方 ,油气的运移通道或路径数量很多 ,并且形成一张密布的网络 ,但是在横向上远离油气生成区 ,石油运移的主要模式是沿有限的、集中的通道或路径运移。原油化学示踪剂的研究也支持了油气沿有限运移的理论(涂湘林等 ,1997)。

李明诚(2000)认为 ,中国东部断陷盆地下第三系中的油气二次运移有效通道空间平均约占整个输导层孔隙空间的 5%~10%。王震亮等(2000)认为 ,在输导体系中油气总是沿渗透性最好和阻力最小的路径运移 ,即存在着油气运移的主干道。曾溅辉等(2000)通过物理模拟实验提出并证实了油气运移过程中存在“ 高速公路 ”,指出油气在运移过程中总是沿着最小阻力路径运移 ,一旦这一通道形成 ,在流速不变的情况下 ,所有油气将通过该通道向前运移。

上述国内外学者在油气运移路径方面的研究结果表明 ,油气二次运移并不是沿着整个输导体系进行运移 ,而是沿着其中很小一部分进行运移 ,油气运移有效通道最多只占输导层的 10% ,即油气二次运移过程中存在优势通道。油气运移优势通道是指油气在二次运移过程中在无外来干扰情况下自然优先流经的通道。构造油气运移优势通道可以是断层、不整合面 ,也可以是高孔渗的输导层。虽然油气运

移优势通道仅占油气整个输导体系的极少一部分 ,但它输导的油气可能占整个输导体系输导油气总量的绝大部分。

2 地质概况

双河油田是中国著名的“ 小而肥 ”油田 ,位于河南境内泌阳凹陷西南部双河鼻状构造上 ,南面紧邻唐河-栗园断裂 ,东邻凹陷深凹区 ,构造面积 50 km² ,含油面积 32.6 km²(图 1) ,地质储量愈亿吨 ,占迄今泌阳凹陷累计探明和控制储量的一半以上。双河油田分为南北两个区 ,南区为双河区 ,北为江河区。双河鼻状构造为一继承性的古隆起 ,其形成受沉积和构造共同控制。双河油田构造较为简单 ,构造轴向为 SE—NW 向 ,构造隆起幅度由 SE 向 NW 逐渐减弱 ,双河区为鼻状构造 ,两翼不对称 ,东北翼稍缓 ,西南翼相对较陡 ,至江河区基本成为向 NW 抬起的单斜。

双河油田自上而下钻井钻遇的地层依次为第四系 ,上第三系 ,下第三系廖庄组、核桃园组和大仓房组。核桃园组自上而下又分为 3 段 ,即核一段、核二段、核三段 ,其中核三段是双河油田主要含油层系 ,也是本文研究的目的层系 ,自上而下划分为 9 个油组(H3I—H3IX) ,279 个单层。砂岩单层多 ,且厚度大 ,H3I—H3IV 油组厚度以大于 4m 为主 ,占整个

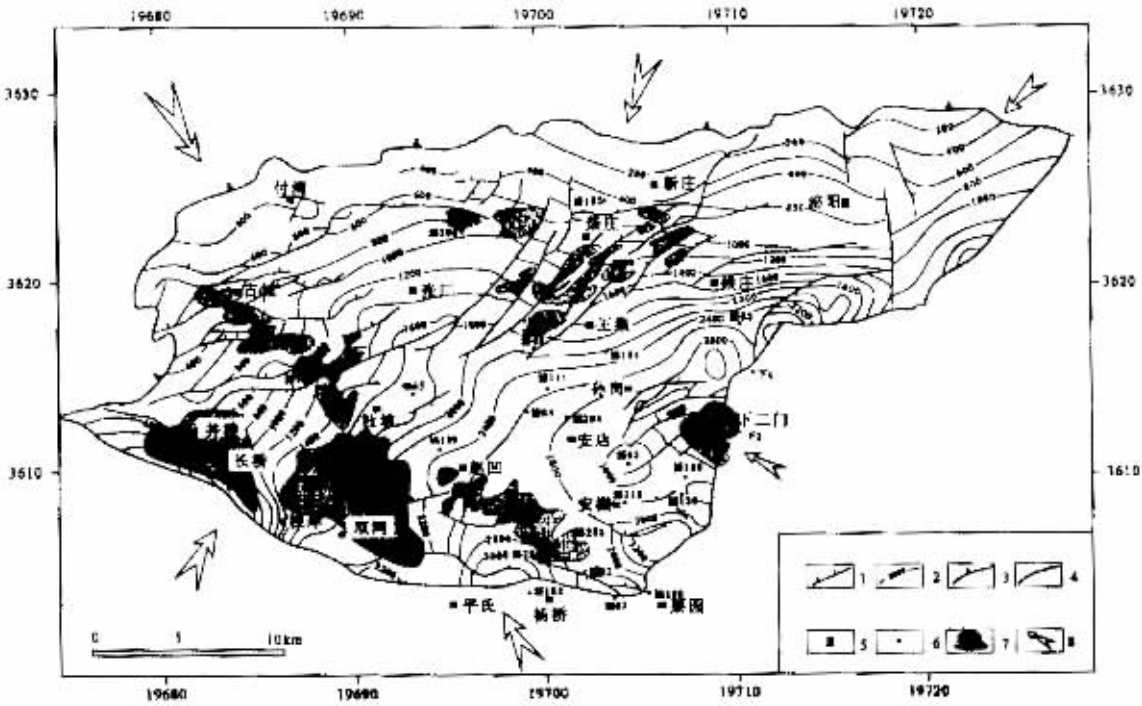


图 1 双河油田地理位置图

Fig.1 Location of Shuanghe oilfield

万方数据

1.断层 2.等深线 3.尖灭线 4.边界断层 5.地名 6.井位 7.含油面积 8.物源方向

砂层总数的 63% ,厚度大于 6 m 的单层占 46.8% ,而厚度小于 2 m 的层数仅占 15.2% ;H3V—H3IX 油组砂层单层厚度以小于 4 m 为主 ,但厚度大于 4 m 的单层仍占 21.3% ,厚度大于 6 m 的单层占 8.4%。双河油田储层为扇三角洲砂体 ,该砂体在整个核三段沉积时期都插入深凹生油区 ,纵向上砂泥岩交互沉积。不仅核三段各油组(H3I— H3IX)储层物性有所不同 ,而且同一油组内不同小层和不同相带的储层物性也不同 ,为油气的顺层运移和差异充注提供了条件和保障。

3 级差优势通道及对油气分布的控制

级差优势通道是一种十分重要的优势通道类型 ,是指由于输导层内孔渗结构分布差异而形成的优势通道 ,级差是指通道介质的孔渗性与其周边介质孔渗性的差异。油气在具有级差的介质中运移总是沿着级差优势最大的通道方向运移 ,级差越大 ,油

气越易集中在高孔渗的介质中运移 ,油气输导量所占的比例越大 ,差异越小 ,油气在输导介质中的运移则相对分散 ,不易集中到优势通道上运移 ,这一点已为前人实验证实(曾溅辉等 2000)。

经进一步的研究证明 ,在储量丰度如此之高的油田大部分圈闭却并未充满油气 ,而且不同圈闭充满度之间存在着较大的差异。对双河油田而言 ,油源距离、构造(如断层)、水动力等影响油气二次运移、聚集的因素都相同 ,也就是说 ,它们都不是导致油气差异分布的根本原因。

3.1 油田规模上圈闭充满度-渗透率的关系

将双河油田核三段所有油藏圈闭充满度与其渗透率的关系进行分析 ,可以看出 ,总体上游藏圈闭充满度与其渗透率正相关关系不明显 ,相关系数为 0.35(图 2)。说明 :①油田规模上油气充注不受级差优势通道的控制 ,或影响油气充注的主要因素不是级差优势通道 ;②油气有可能以更小的规模进行

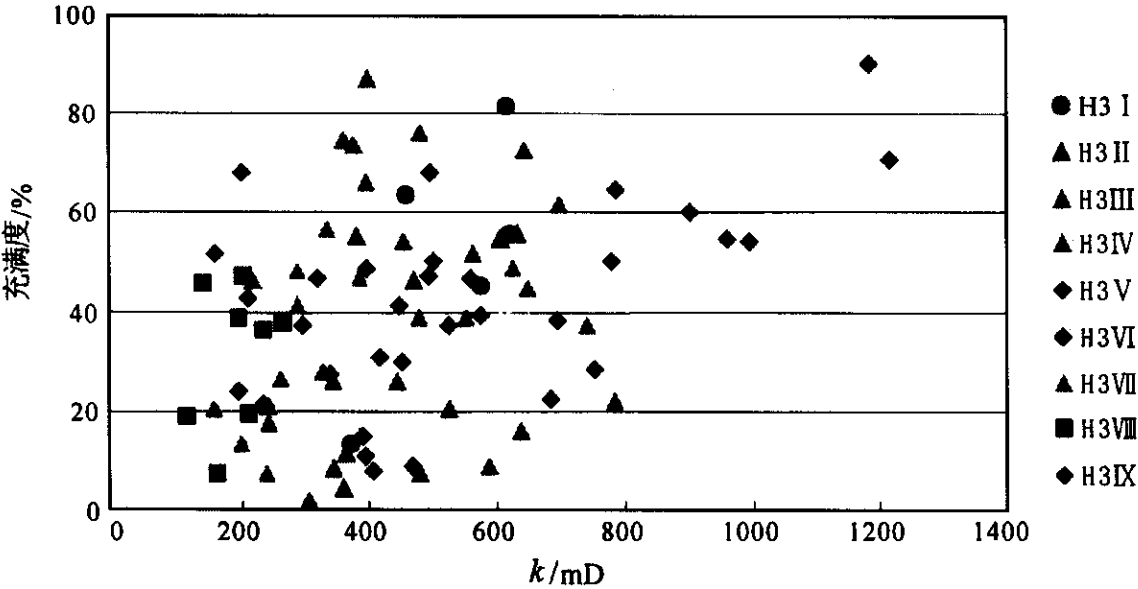


图 2 双河油田 H3I—H3IX 油组圈闭充满度与渗透率关系

Fig. 2 Relationship between degree of oil filling of trap and its permeability of H3I—H3IX oil measures in Shuanghe oilfield
H3I-核三段 I 油组 ;H3 II -核三段 II 油组 ;H3 III -核三段 III 油组 ;H3 IV -核三段 IV 油组 ;H3 V -核三段 V 油组 ;H3 VI -核三段 VI 油组 ;
H3 VII -核三段 VII 油组 ;H3 VIII -核三段 VIII 油组 ;H3 IX -核三段 IX 油组

充注。

3.2 段规模上圈闭充满度-渗透率关系

油田规模上不存在级差优势通道 ,那么组段规模上是否存在级差优势通道 ? 成烃研究(王春江 ,2002)认为 ,双河油田 H3I—H3IV 油组与 H3V—H3IX 油组的原油来自不同的油源 ,换句话说 ,油气

充注至少是分段(核三上、下段)进行的 ,而且没有大规模的垂向油气运移过程 ,相反 ,则存在侧向运移的正面证据 ,即 H3I—H3IV 油组原油的成熟度比该区源岩的成熟度高 ,这说明油气大部分是从较高成熟度的油源区侧向运移而至的。为此 ,分段对油藏圈闭充满度与其渗透率的关系进行了分析 ,分别讨论

各段内油藏圈闭充满度与其渗透率的关系,研究发现 H3I—H3IV 油组内圈闭充满度与其渗透率之间呈一定的正相关关系,相关系数为 0.40(图 3-a); H3V—H3IX 油组内圈闭充满度与其渗透率也呈一定的正相关关系,相关系数为 0.45(图 3-b),由此可见,段规模上圈闭充满度与其渗透率的相关关系比油田规模上好,段规模上存在一定的级差优势通道,但并不明显。说明,①该区段规模上油组间储层物性差别不大,级差优势通道不是控制油气充注的主要因素;②该区油气有可能以更小的规模进行充注。

3.3 油组规模上圈闭充满度-渗透率关系

上述研究表明,油田规模上圈闭充满度基本上不受级差优势通道控制,段规模上圈闭充满度受一定的级差优势通道控制,但不明显,那么该区油气运移、充注是否是按更小的地层单元(油组)进行?前人

研究表明,核三段各油组间有几米至几十米厚的泥岩隔挡^①,因此保证了油气沿油组充注和运移。

油组内油藏圈闭充满度与其渗透率的相关性分析结果表明,所有油组内圈闭充满度与其渗透率都具有良好的正相关关系,相关系数都在 0.55 以上(表 1,图 4)。

油田规模上圈闭充满度与渗透率没有相关关系,段规模上圈闭充满度与渗透率有一定相关关系,但不明显,而油组规模上圈闭充满度与渗透率相关关系良好,说明油气充注以油组为基本单元,并且油气在油组内的充注过程受到油组内级差优势通道的控制,各油组内连通的高孔渗砂岩带即为油气运移和充注的优势通道。

由于各油组内部不同相带的储层,其物性不同,所以深凹区生成的油气进入各油组进行侧向运移时,必然会沿着油组内阻力最小的级差优势通道进行。级差优势通道对油气充注具有明显的控制作用,级差优势通道的存在导致油气沿各通道的充注的差异性,大量油气主要沿高渗透层(优势通道)进行,而只有少部分油气沿非优势通道进行,从而导致了油气分布的差异性。高孔渗带(优势通道)上的油藏充注量大,充满度高,油气富集,低孔渗带(非优势通道)上的油藏油气充注成藏时受高孔渗带的干扰,油气充注量少,圈闭充满度低,含油性差。各油组内储层渗透率级差越大,油气分布差异性就越大,相反,各油组内储层渗透率级差越小,则油气分布差异性就越小,即油气分布越均匀。

统计的油气分布情况和核三段小层储量与渗透率的关系也都证实了级差优势通道是控制双河油田油气差异分布的主要因素。双河油田核三段共分 9 个油组,105 个小层,279 个单层,其中含油单层 234 个,圈闭形成 270 个油砂体,但主力油层集中,油砂体中原油地质储量最大的 614×10^4 t,最小只有 1×10^4 t。其中物性好的砂体 94 个,占油砂体个数的 34.8%,但储量却占全油田的 83.4%。双河油田核

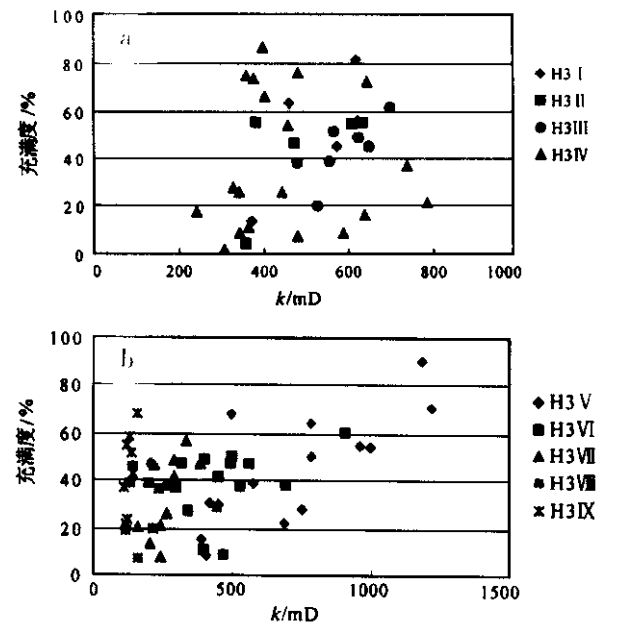


图 3 双河油田 H3I—H3IX 油组圈闭充满度与渗透率关系
Fig.3 Relationship between degree of oil filling of trap and its permeability of H3I—H3IX oil measures in Shuanghe oilfield
a-H3I—H3IX b-H3V—H3IX

表 1 双河油田核三段各油组内圈闭充满度与渗透率相关系数

Table 1 Correlation coefficient between degree of oil filling of trap and its permeability of H3I—H3IX oil measures in Shuanghe oilfield

油组	H3 I	H3 II	H3 III	H3 IV	H3 V	H3 VI	H3 VII	H3 VIII	H3 IX
相关系数	0.72	0.62	0.75	0.56	0.75	0.57	0.67	0.74	0.68

① 河南石油勘探局. 1994. 中国石油天然气总公司“八五”重点科研项目“双河油田地质与勘探经验”.

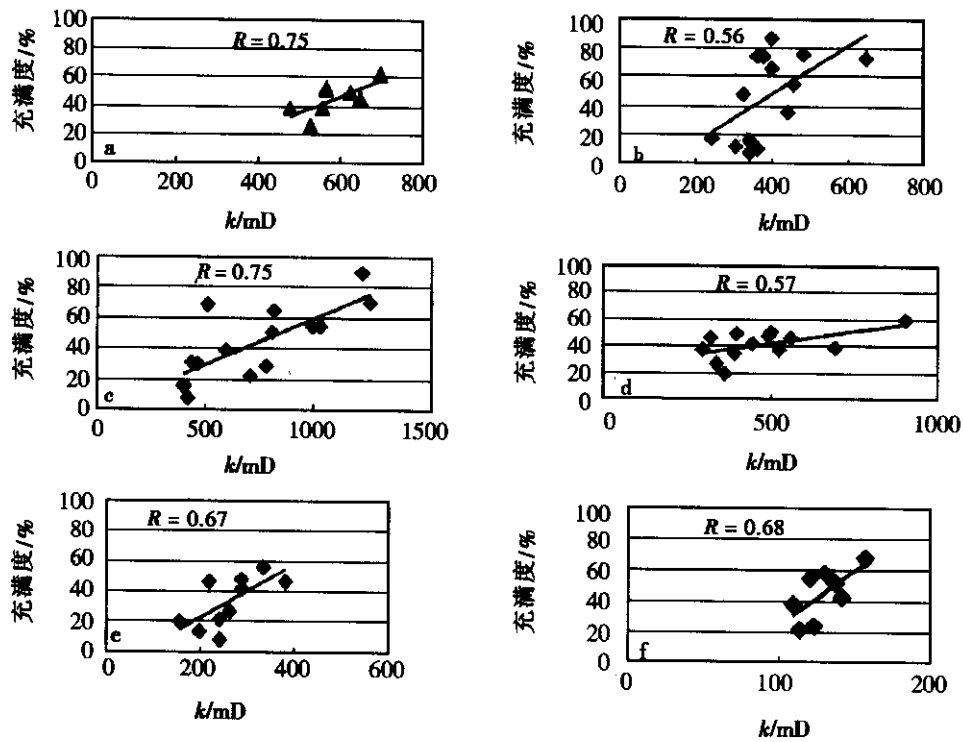


图 4 双河油田核三段部分油组圈闭充满度与渗透率关系

Fig. 4 Relationship between degree of oil filling of trap and its permeability of several oil measures in Shuanghe oilfield
a-H3III 油组 b-H3IV 油组 c-H3V 油组 d-H3VI 油组 e-H3VII 油组 f-H3IX 油组

三段小层储量与其渗透率之间具有良好的正相关关系, 相关系数达 0.6 (图 5)。

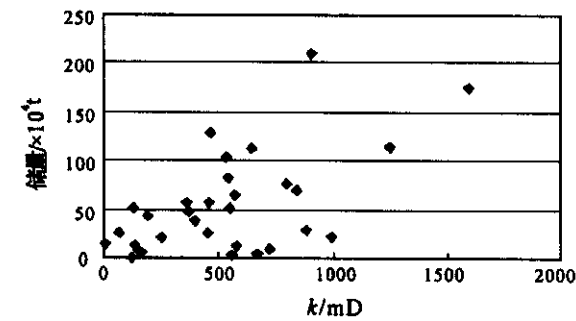


图 5 双河油田核三段小层储量与其渗透率相关关系图

Fig. 5 Relationship between the reserve of sublayer and its permeability in Hesan member in Shuanghe oilfield

4 结论

(1) 双河油田核三段油气运移通道主要为插入深凹区生烃中心的砂岩输导层, 各油组间有稳定的泥岩隔层, 油气以油组为充注单元顺层侧向运移。

(2) 双河油田核三段各油组内油气充注明显受级差优势通道的控制, 级差优势通道导致其油气的差异分布。级差优势通道(高孔渗带)上的油藏圈闭充满度高, 油气富集, 非级差优势通道(相对低孔渗带)上的油藏圈闭充满度相对较低, 含油性相对较差。

参 考 文 献

李明诚. 2000. 石油与天然气运移研究综述. 石油勘探与开发, 27 (4): 3~10.
涂湘林, 朱炳泉, 张景廉等. 1997. Pb、Sr、Nd 同位素体系在铀定年与成因示踪中的应用. 地球化学, 26(2): 57~67.
王震亮, 陈荷立. 1999. 有效聚集通道的提出与确定初探. 石油实验地质, 21(1): 71~75.
曾溅辉, 王洪玉. 2000. 层间非均质砂层石油运移和聚集模拟实验研究. 石油大学学报, 24(4): 108~111.
England M A, Fleet A J et al. 1991. Petroleum migration. London: Sub-ury-on-Thames, 149~161.
Hindle A D. 1997. Petroleum migration pathways and charge concentration: a three-dimensional model. AAPG Bulletin, 81(9): 1451~1481.