

文章编号: 1000-0550(2004)01-0169-07

泥岩有机质的赋存状态与油气初次运移的关系

苗建宇 祝总祺 刘文荣 卢焕勇

(大陆动力学教育部重点实验室 西北大学地质系 西安 710069)

摘要 从济阳坳陷古近系-新近系泥岩的研究实例出发,分析了泥岩孔隙结构特征及有机质的赋存状态,探讨了泥质烃源岩排烃通道与初次运移的关系模式。研究认为泥岩中孔隙小而多,喉道窄而细,孔喉分选性较好,具有较好的连通性,微裂(隙)缝常见。泥岩中有机质的赋存状态可划分为顺层富集型、分散型和局部富集型等三种不同的种类。泥岩中有机质呈分散型分布时,成熟油气通过较粗孔喉系统作为通道进行排烃是初次运移的方式之一。泥岩中有机质呈顺层富集型分布时,在有机质富集处,岩石结合力较弱,加上成熟油气形成的流体压力较高,极易产生微裂(隙)缝,成为成熟油气初次运移的主要通道。

关键词 赋存状态 泥岩 初次运移 古近系-新近系 济阳坳陷

第一作者简介 苗建宇 男 1952年出生 博士 副教授 石油地质学

中图分类号 P618.130.2⁺1 **文献标识码** A

泥岩特别是富含有机质的泥岩是重要的生油气母岩,已经成为大多数研究者的共识。按照目前绝大多数人所赞成的观点,石油主要是沉积岩中的干酪根在晚期成岩作用阶段热降解作用生成的。初次运移是指烃源岩在热成熟作用过程中,生成的烃类物质在某种动力的驱动下从源岩母体排出至运载层的过程^[1~5]。

随着有机地球化学研究及各种分析技术的飞跃发展,确定了干酪根晚期热降解生油理论之后,主张烃类呈游离相运移的人日益增多。烃类初次运移通过孔隙或裂(隙)缝系统而排出烃源岩的认识也已被大多数人所接受^[6~9]。但是,有关泥质烃源岩中有机质的赋存状态及其与油气初次运移通道之间相互关系的研究,涉及很少。对此,笔者通过济阳坳陷古近系-新近系泥岩有机质的赋存状态结合泥岩的孔隙结构研究^[10],探讨了烃源岩排烃与初次运移通道的关系模式。

1 泥岩中有机质的赋存状态

1.1 顺层富集型

主要分布在粘土粒级细小、碎屑含量少($< 15\%$)的泥岩中。有机质组分多平行或基本平行层理分布,孢子体在荧光显微镜下发黄-棕黄色荧光,呈粒状、短线状,分布均匀。角质体多数呈藻纹层状,所见不多。镜质体和惰质体有条状、片状、板状及粒状等多种形态,在荧光显微镜下为褐-黑色,分布不均匀。各种藻类体具较强的荧光,常呈亮黄-棕黄色,分布较均匀。无定形腐泥体荧光色调变化较大,从亮黄色-暗棕黄

色。部分藻类或腐泥富集层段可呈层状、条带状出现(图版-1)。

1.2 分散型

大多分布在粘土粒级较粗、含粉砂级碎屑较多($> 15\%$)的泥岩中。有机质组分呈分散状分布于粘土基质之中,无一定规律。在荧光显微镜下可见少量短线状、粒状孢子体,多数为星星点点的发光体,除一些小孢子尚能看到轮廓外,其它有机质组分很难分辨其形态(图版-2)。

1.3 局部富集型

有机质组分在局部呈富集型分布,弯曲状、短线状及粒状孢子体呈斑块形不均匀分布。因而局部富集型兼有顺层富集型和分散型的过渡赋存特点(图版-3)。

2 泥岩孔隙结构特征

与砂岩等粗碎屑岩相比,泥岩的结构比较简单^[11],但并不单一。运用压汞-吸附等毛细管压力资料结合扫描电镜和高压铸体薄片等观察方法(表1),对泥岩孔隙结构进行了探索性工作,认为主要具有以下特征。

2.1 孔隙小,喉道细

泥岩中发育的孔隙绝大多数为 $1\sim 3\mu\text{m}$ 之间的微小孔隙,除裂(隙)缝外,超过 $5\mu\text{m}$ 者不多,大于 $10\mu\text{m}$ 者很少。统计发现,单位面积中孔隙的密度为 $54\sim 200$ 个/ mm^2 ,最高的可达 305 个/ mm^2 ,表明孔隙个体虽小,但其数量却相当多。一般埋深浅的,孔隙数量相

表1 济阳坳陷古近系-新近系部分泥岩孔隙结构和有机质赋存状态参数表

样号	有机碳 / %	有机质 赋存状态	突破 压力 / MPa	中值 半径 / nm	汞饱 和度 / %	孔隙大小		扫描电镜下观察 (孔隙分布)
						范围 / nm	含量 / %	
D-9	0.10	局部富集型	10.6	2.66	100	1~16	98.7	片间孔、层片间孔
D-10	1.38	局部富集型	8.22	7.34	100	1~16	98.8	孔隙发育,片间孔、粒缘孔
D-14	1.29	分散型	11.88	4.13	100	1~16	98.7	片间孔、气胀孔、微缝、溶孔
D-24	0.50	分散型	13.73	2.82	100	1~16	96.9	片间孔、气胀孔、微缝、小溶孔
D-27	0.60	分散型	9.93	5.88	100	1~16	99.1	片间、粒间孔、气胀孔、小溶孔
D-31	1.58	分散型	10.36	4.94	100	1~16	97.2	片间孔、微缝、溶孔、气胀孔
D-39	2.79	顺层富集型	0.8	0.41	40.9	不显著		溶孔显见,片间孔定向多
D-42	18.6	顺富集型	0.48	0.47	42.9	100~630	25.6	纹层致密,微溶孔显见
Z-3	0.12	分散型	11.81	2.36	86	1~16	85.5	片间孔、气胀孔、微裂(隙)缝
Z-12		分散型	11.09	3.33	100	1~16	97.3	片间孔
Z-24	0.29	分散型	12.55	2.34	100	1~16	99.6	层片间孔、小溶孔、微裂(隙)缝

对较少,但个体相对较大;随着埋深增大,孔隙个体变小,数量增多。在各类孔隙中分布最广的是片间孔隙(图版-4),其次是微裂(隙)缝(图版-5,6)和气胀孔隙(图版-7),而广泛见于砂岩内的粒间孔隙和各种溶蚀孔隙等则分布局限(图版-8),数量也少。泥岩中连接孔隙的喉道以窄而细为特征,表现在毛管压力曲线上是突破压力普遍较高,绝大部分超过10 MPa,即泥岩的突破压力普遍要比相同埋深的砂岩的突破压力高,对应的喉道中值半径均小于8 nm,一般为2~5 nm,最小值仅有0.32 nm。

2.2 孔隙分选、连通性较好

岩石孔隙的连通性好差主要反映在毛细管压力曲线的最终进汞饱和度上。从岩样的测试结果可清楚的看到,绝大多数样品在实验条件(100 MPa)下的最终进汞饱和度接近和达到100%,说明泥岩的孔喉虽然细小,但其连通性却较好(这一特点对于油气的初次运移十分有利)。

孔隙的分选性可从孔喉半径频率分布直方图上得到反映。测试结果可以看出,虽突破压力比较高,然而它们的毛细管压力曲线都有一个相当宽的高位平台。在孔喉半径频率分布直方图上优势孔隙的位置多数在1~16 nm之间。这一部分孔喉所连接的孔隙体积,在连通孔隙体积中可占90%以上,部分样品已接近100%,这类样品的孔喉频率分布直方图往往呈单峰、细偏态。这些特征均说明泥岩的孔喉分选比较好。

2.3 微裂(隙)缝常见

从样品测试的物性结果来看,当样品中存在有微裂(隙)缝时,与岩性相似、埋深相近的样品相比,它们

的渗透率均高出1~3个数量级,孔隙度增量并不显著,这是符合一般规律的。

研究中发现,在早成岩阶段晚期随着粘土矿物点间的失水不均,会产生一些细小的收缩微裂隙。中成岩阶段正处于东营期构造运动活动期,在断裂活动影响范围内的泥岩中可形成各种微裂(隙)缝。到晚成岩阶段,泥岩的韧性降低,岩性变脆更易产生成岩裂(隙)缝,只是这种成岩裂(隙)缝分布局限,连通性差。另外,在流体缓慢排出过程中,许多裂(隙)缝往往又会被各种新生矿物及重结晶的粘土矿物等充填胶结,或者泥岩内部的流体压力降低时,一部分裂(隙)缝重新闭合。扫描电镜观察发现,埋深超过3 000 m后,粘土矿物间局部可见不规则的成岩裂(隙)缝即与此有关。显然,微裂(隙)缝能够改善局部的渗滤条件,只是对岩石的基质结构影响较小(推测当裂(隙)缝开启时,对渗透率增大起主要的贡献作用)。

2.4 基本孔隙结构类型

泥岩孔隙结构基本可归纳为三种基本类型。

(1) 细孔喉型 是泥岩中最主要的一种孔隙类型,它反映了泥岩孔隙结构的基本面貌。95%以上的孔隙集中在1~16 nm之间(图1A),且分选较好,在孔喉半径频率直方图上多为单峰或不等高双峰。毛细管压力曲线显示高位平台,最大进汞饱和度可达100%,连通性好。突破压力较高,多在8~11 MPa之间。孔隙类型以粘土矿物间的片间孔隙、层片间孔隙为主,气胀孔隙和收缩裂(隙)缝次之,微小溶蚀孔隙局限。此种孔隙结构类型主要发育在粘土矿物含量较纯或碳酸盐含量较低的泥岩中。

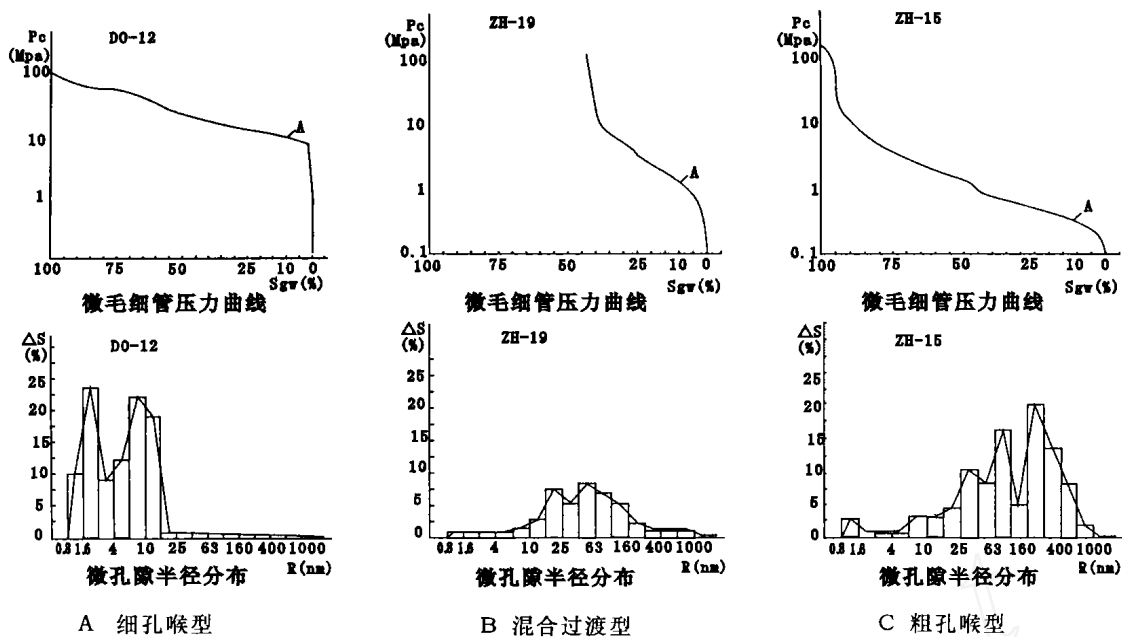


图 1 毛细管压力曲线和孔喉频率分布直方图

Fig. 1 Capillary pressure curves and pore-throat frequency distribution histogram

(2)粗孔喉型 主要见于碳酸盐含量较高(>33%)的泥岩中,其孔隙集中分布在25~630 nm之间(图1C),孔隙分选较差,在孔喉半径频率分布直方图上表现为双峰或多峰。毛细管压力曲线陡斜或是呈现多台阶状,孔隙连通性差,最大进汞饱和度高。突破压力低,小于1 MPa,通常受后期改造影响较强。因此,孔隙类型除片间孔隙、层片间孔隙外,溶蚀孔隙及各种微裂(隙)缝相对较多。

(3)混合过渡型 主要发育在粉砂、碳酸盐含量较高(>30%)的泥岩中,孔隙集中范围不太明显(图1B),分选较差,孔喉半径频率分布直方图呈现多峰或近于对称形态。孔隙连通性较差,最大进汞饱和度低,毛细管压力曲线陡斜、无明显平台。突破压力较低,小于1.5 MPa,孔隙种类多,片间孔隙、气胀孔隙、缩小的片间孔隙和少量溶蚀孔隙及各种微(隙)缝均可见到。

3 泥岩有机质含量对岩石结构的影响

从总体来看,济阳拗陷古近系-新近系泥岩溶蚀作用较弱,但在局部改变泥岩孔隙结构中还是一个比较重要的因素。扫描电镜观察发现,泥岩中被溶蚀的物质主要是碳酸盐矿物。进一步分析,泥岩中的酸性溶液不可能来自外部,主要依靠自身内部物质的供给,所以它与泥岩中是否含有丰富的有机质关系甚密。根据有机碳分析资料,古近系-新近系特别是古近系泥岩中有机质含量丰富,有机碳含量一般都在0.4%以上,多

数在1%±,个别的可达18.6%。有机质含量高的泥岩,其碳酸盐含量往往也高。因此,尽管多数地区和层段因为泥岩的孔隙普遍细小,流体介质流动不畅,改善孔隙结构受到很大限制,但在局部地段碳酸盐含量可为改变孔隙结构提供物质基础。

3.1 有机质赋存状态对孔隙结构的影响

按照有机质演化的一般原理分析,泥岩中丰富的有机质在热演化中必然不断生成有机酸等物质对碳酸盐矿物进行溶蚀,进而改善泥岩的孔隙状况。但是,在研究中发现实际情况十分复杂,泥岩中溶蚀孔隙发育的情况差异很大。有的泥岩中有溶蚀孔隙,有的则没有;在含有溶蚀孔隙的泥岩中,有的溶蚀孔隙多,有的则很少;有的很集中,有的则很分散;有的溶蚀孔隙个体较大,有的则非常细小。总之,情况是千差万别。

在对荧光显微镜和电镜下对比观察时发现,泥岩中改造型溶蚀孔隙的分布与有机质的赋存状态有很大的关系。在有机质呈分散型分布的泥岩中,溶蚀孔隙的分布呈分散状,数量有多有少,但溶蚀的强度都不大,很少见到连片的,反映出是分散有机质在成熟过程中对周围母岩进行小规模改造的结果。而在有机质呈顺层型分布的泥岩中,溶蚀孔隙的改造作用,不仅表现为数量多,且规模也较大,往往形成较密集的改造型溶蚀孔隙,主要沿微层理发育,说明相对较密集分布的有机质在成熟过程中对周围母岩进行改造的能力较强。在有机质呈局部富集型分布时,改造型溶蚀孔隙主要

呈斑状出现。

由于泥岩的渗透性很差,在泥岩内部缺乏流体发生充分循环的条件。所以,这些因溶蚀作用而产生的、对孔隙结构的改造作用都只能在局部范围内。当这些被物质不能迅速地被带出反应系统时,随着溶蚀作用的不断进行,最终必将达到饱和而在附近重新发生沉淀,造成堵塞孔隙和喉道,改变原有的孔隙结构,使泥岩孔隙系统变得更加复杂。

3.2 有机质的富集有利于微裂(隙)缝的形成

泥岩中特别是厚层泥岩中常常出现异常压力^[12]。当泥岩进入生油门限温度后,干酪根开始转化成烃,与此同时,一部分粘土矿物脱水转化^[13]。这些流体首先要进入泥岩的孔隙空间中,但由于泥岩的孔渗性能一般都比较差,不能通畅排液,势必引起孔隙内流体压力增大,形成异常压力。而异常压力的存在一方面阻碍了压实作用的正常进行,另一方面使泥岩中的孔隙压力升高到能使岩层产生破裂的程度,形成一定的裂(隙)缝系统。

东营凹陷异常压力带通常起始于沙三段三角洲前缘相砂岩体的底界,包括沙三段中、沙三段下、沙四段上、沙四段下及孔店组的上部等层位。沾化凹陷内的异常压力带的起始层位为沙一段,向下可延伸到沙二段、沙三段、沙四段乃至中生界和古生界奥陶系。研究中发现上述层段某些泥岩样品中出现孔隙度较正常压实趋势偏高的情况^[14~15],以及分布许多不规则的成岩裂(隙)缝说明流体异常压力对泥岩的岩石结构起着重要的影响作用。

4 泥岩孔隙结构与烃类化合物分子的关系

据前人研究^[16],测出正构烷烃和苯的分子有效直径 $< 0.5 \text{ nm}$,环烷酸的分子直径接近于 1 nm ,一般杂环结构的分子直径也不到 3 nm ,只有沥青质分子的直径可达到 $5 \sim 10 \text{ nm}$ 之上。经对济阳坳陷古近系-新近系泥岩孔隙结构研究,测出本区古近系-新近系泥岩的孔喉直径分布范围为 $2 \sim 2000 \text{ nm}$,中值半径为 $2.29 \sim 7.34 \text{ nm}$,平均为 4.04 nm (直径为 8.08 nm)。

实际上,由于泥岩的高束缚水饱和度及很大的毛细管阻力,烃类在其中的运移要困难的多。综合分析济阳坳陷古近系-新近系泥岩的孔隙结构特征,认为其中较粗的孔喉系统对于某些直径较小烃类分子的运移来说,有可能成为初次运移的通道之一;但对于另外一些直径较大的烃类分子和杂环结构化合物及沥青质分子的运移则可能性很小。

越来越多人的主张烃类呈游离相运移。对此,

Magra等(1978,1981)曾多次探讨了烃类在烃源岩层呈游离形式的运移,并提出以油滴状进行运移的可能性。此外,以微裂隙作为油气初次运移主要通道的观点日益获得了人们的承认,认为当泥岩孔隙流体压力增大到超过岩石的破裂强度时,泥岩可以产生微裂隙,但它要比岩石中的天然通道大若干倍,待流体释放后,压力减低至一定程度以下时,微裂隙又会封闭,然后开始下一个循环。

综合上述泥岩孔隙结构特征,并考虑到成岩作用特点,认为泥岩的次生溶蚀作用一般来说并不普遍,仅发育于有机质丰度较高、碳酸盐含量相对富集的层段中,且其规模一般都十分有限。此外,由于砂岩和泥岩之间固有的压实速率差异,泥岩要比砂岩更易产生孔隙流体异常压力等一些基本事实,对泥质烃源岩中烃类的初次运移通道提出以下模式。

5 泥岩中油气进行初次运移的通道形成模式

在浅埋藏时,由生物化学作用形成的部分烃类,连同少量直接从生物体内继承下来的烃类,主要依靠沉积物的机械压实,随同自由水一起脱离母岩进入邻近的孔隙地层中。

到中埋藏阶段,泥岩中的自由水已经脱出,泥岩的结构已基本定型。此时,机械压实作用减弱,粘土矿物转化逐渐成为主要成岩事件,同时泥岩中赋存的有机质趋于成熟。在有机质呈分散型分布的泥岩中,有机质分散在粘土质点为主的基质之间。此时,粘土矿物脱水及干酪根转化成烃等作用产生的流体将不断地补充到泥岩中的孔隙中增加了泥(页)岩中的流体压力,加上机械压实作用,它们共同成为这一时期泥岩向外排液的主要动力。在亲水介质中,由于毛细管压力的差异作用,大部分烃类被排挤到较粗孔隙中。干酪根达到成熟转化而形成的轻质烃类可呈微滴状,断续地通过较粗孔喉系统排出泥(页)岩进入到储集层(图2A)。在有机质呈顺层富集型分布的泥岩中,有机质大多含量高。干酪根热降解过程中生成大量的烃类和非烃类的液态与气态产物,其密度都比固态干酪根的密度低,这必然造成泥岩孔隙流体体积或压力的增加,易形成异常高的孔隙流体压力。相对于泥岩中碎屑颗粒及胶结物等岩石结构来说,由于有机质含量相对比较集中,且顺层面或微层理分布,此处的岩石结合力最为脆弱,在孔隙流体体积快速膨胀从而形成异常高孔隙流体压力的情况下,极易产生微裂(隙)缝作为通道,促使呈游离相的液态烃与气溶或水溶的液态烃类从母岩排出。这是因为微裂(隙)缝不但比一般孔隙要

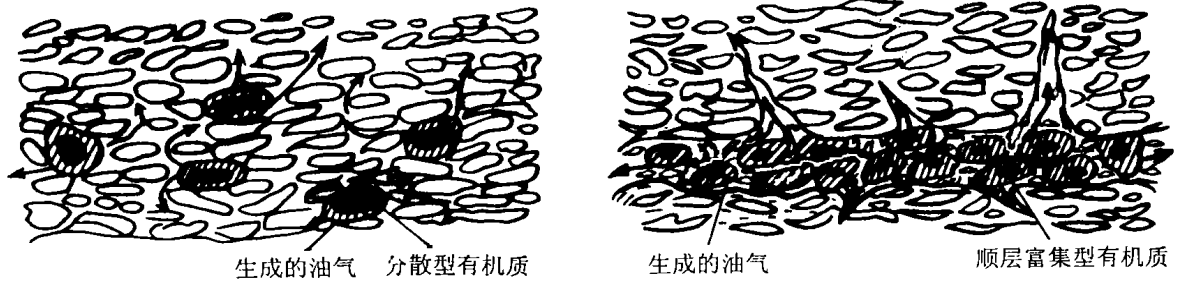


图 2 有机质呈不同赋存状态下的油气初次运移模式图

Fig. 2 The primary migration pattern of hydrocarbon in the different occurrence of organic matter

粗大,而且微裂(隙)缝一般也比较平直,致使烃类运移所受到的毛细管压力也比较小,使微裂(隙)缝作为游离相的液态烃与气溶或水溶的液态烃类进行初次运移成为可能(图 2B)。

到深埋藏阶段,由于泥岩经大量脱水之后已经失去了塑性。此时,上覆巨厚的沉积层所产生的强大地静压力,将是引起产生泥岩成岩裂(隙)缝的重要因素。各种不均衡的地壳运动则是引起构造裂(隙)缝型成的重要原因。地质体通过各种裂(隙)缝的产生都要释放内部的压力,排出流体。只是随着流体的排出和压力的降低,裂(隙)缝可以闭合,孔隙毛细管压力相对增高,排液可中止。系统内重新积蓄压力,直至岩石流体压力再次超过孔隙毛细管压力或裂(隙)缝再度被打开,流体再次外逸,如此周而复始。因此,此阶段泥岩中的油气主要是通过微裂(隙)缝网络来完成它们的初次运移。某些样品的岩石缝(隙)缝中见有沥青质充填,充分表明它们曾经是油气运移的通道。

总之,泥岩孔隙结构与有机质赋存状态的研究所提供的信息支持了这样一个观点,即油气的初次运移可能是一个漫长而复杂的历史事件。泥岩在不同的埋藏时期,初次运移的途径、动力可以是不一样的,甚至相态也是有变化的。

致谢 陈荷立教授审阅了本文初稿,并提出宝贵修改意见,作者深表感谢。

参考文献(References)

- Leythaeuser D, Mackenzie A, Schaefer R G, *et al.* A novel approach for recognition and quantification of hydrocarbon migration effects in shale-sandstone sequences. *AAPG Bulletin*, 1984, 68(2): 196 ~ 219
- 田世澄,孙尚如. 油气初次运移的地球化学效应及排烃类型. *地球科学-中国地质大学学报*, 1990, 15(1): 75 ~ 86 [Tian Shicheng, Sun Shangru. Geochemical effect and expulsion type of primary migration of petroleum. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 1990, 15(1): 75 ~ 86]
- 李明诚. 石油与天然气运移. 北京:石油工业出版社, 1994. 32 ~ 89 [Li Mingcheng. Migration of oil and gas. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994. 32 ~ 89]
- 郝石生,柳广弟,黄志龙,等. 油气初次运移的模拟模型. *石油学报*, 1994, 15(2): 21 ~ 30 [Hao Shisheng, Liu Guangdi, Huang Zhilong, *et al.* Simulation models for primary hydrocarbon migration. *Acta Petrolei Sinica*, 1994, 15(2): 21 ~ 30]
- Rudkiewicz J L, Behar F. Influence of kerogen type and TOC content on multiphase primary migration. *Organic Geochemistry*, 1994, 21(2): 121 ~ 133
- Dickey P A. Possible primary migration of oil from source rock in oil phase. *AAPG Bulletin*, 1975, 59(2): 337 ~ 345
- Magara K. Possible primary migration of oil globules. *Journal of Petroleum Geology*, 1981, 3(3): 325 ~ 331
- 陈荷立,汤锡元. 油气初次运移的研究现状. 见:石油地质译文选,第 2 集. 北京:石油工业出版社, 1987. 1 ~ 17 [Cheng Heli, Tang Xiyuan. Current research on primary migration of oil and gas. In: Selections of translated text on petroleum geology. Beijing: Petroleum Industry Press, 1987, 1 ~ 17]
- 王行信. 蒙脱石的成岩演变与石油的初次运移. *沉积学报*, 1985, 3(1): 81 ~ 91 [Wang Xingxin. Diagenetic evolution of montmorillonite and primary migration of petroleum. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1985, 3(1): 81 ~ 91]
- 苗建宇,祝总祺,刘文荣,等. 泥岩有机质的赋存状态及其对泥岩封盖能力的影响. *沉积学报*, 1999, 17(3): 478 ~ 482 [Miao Jianyu, Zhu Zongqi, Liu Wenrong, *et al.* Occurrence of organic matter and its effect on sealing ability of argillaceous rock. *Acta Sedimentologica Sinica*, 17(3): 478 ~ 481]
- Magara K. Comparison of porosity-depth relationships of shale and sandstone. *Journal of Petroleum Geology*, 1980, 3(2): 175 ~ 185
- Robert R Berg, Anthony F Gangi. Primary migration by oil-generation microfracturing in low-permeability source rocks: application to the Austin chalk, Texas. *AAPG Bulletin*, 1999, 83(5): 727 ~ 756
- 赵杏媛. 如何全面认识粘土矿物在初次运移中作用的探讨. *沉积学报*, 1990, 8(2): 67 ~ 73 [Zhao Xingyuan. Discussion on the effect of clay minerals in primary migration of petroleum. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1990, 8(2): 67 ~ 73]
- 彭大钧,李仲东,刘兴材,等. 济阳盆地沉积型异常高压带及深部油气资源的研究. *石油学报*, 1988, 9(3): 9 ~ 17 [Peng Dajun, Li Zhongdong, Liu Xingcai, *et al.* A study of depositional type abnor-

- mally high pressure zone and deep oil-gas resources in Jiyang basin. *Acta Petrolei Sinica*, 1988, 9(3): 9~17].
- 15 陈荷立, 汤锡元. 山东东营凹陷泥岩压实作用及油气初次运移问题的探讨. *石油学报*, 1983, 4(2): 9~16 [Cheng Heli, Tang Xiyuan. A discussion on the compaction of argillaceous rocks and migration of oil and gas in Dongying sag Shandong province. *Acta Petrolei Sinica*, 1983, 4(2): 9~16]
- 16 Momper J A. Oil migration limitations suggested by geological and geochemical considerations. AAPG. Continuing Education Course Note Series 8, 1978

Relationship between Occurrence of Organic Matter and the Primary Migration of the Hydrocarbon in Argillaceous Rock

MIAO Jian-yu ZHU Zong-qi LIU Wen-rong LU Huan-yong

(Key Laboratory of Continental Dynamics, Ministry of Education, Northwest University;

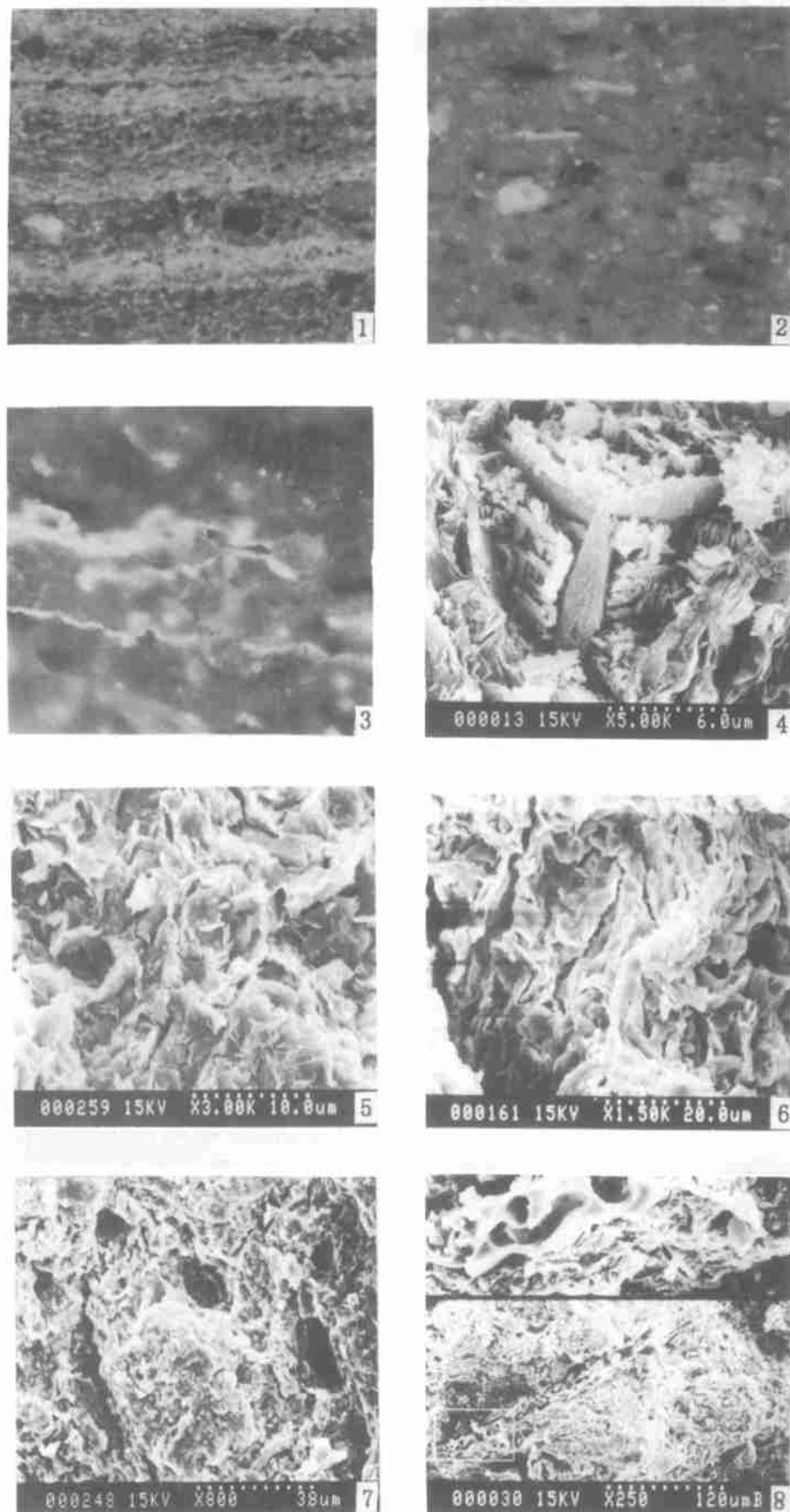
Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069)

Abstract Based on the research of the living examples of argillaceous rock in the Paleogene-Neogene in Jiyang depression, both the occurrence of the organic matters and the characteristics of the pore structure are analysed. Then the pattern of the relationship between the expulsion path and the primary migration of hydrocarbon in the rock has been observed. The study shows that the pores are small but numerous, and the throats are narrow and thin in argillaceous rock, in which there is better sorting of pore-throats, and a better interconnecting as well, besides, there are microfractures frequently observed there.

When the argillaceous rocks containing more organic matter enter maturity stage, they are helpful to form thicker dissolved pores, and may easily produce more microfractures. This does not only favor the formation of abnormal pressure, but can delay the process of compact as well, therefore, which may protect the pore system. The occurrence of the organic matters in argillaceous rock can be classified into three types: the Enrichment Type, the Dispersion Type and the Partial Enrichment Type. (a) The Enrichment Type means that the organic matters are distributed plentifully along the bedding plane in the rock which deposited mainly in the finer clay particle and fewer detrital material (< 15%), and are rich in organic matter; (b) The Dispersion Type means that the organic matters are scattered respectively in the rock which deposited in the coarser clay particle and more detrital material (> 15%). This type of deposit of organic matters is various in abundance; (c) The Partial Enrichment Type has the properties of both the Enrichment Type and the Dispersion Type.

By means of thicker pore-throat system it becomes one of the ways through which the mature hydrocarbon can be exported from source rock when the organic matters occurred in Dispersion Type in argillaceous rock. When the organic matters are richer and occurred in the Enrichment Type in argillaceous rock, the binding and cementing of detritus and rock are weaker, besides, the fluid pressures are higher and can easily produce more microfractures. Therefore, they become the major path for primary migration of the mature hydrocarbon.

Key words organic matter occurrence, argillaceous rock, primary migration, Paleogene-Neogene, Jiyang depression



图版 I 说明 1. 粒状、短线状孢子体呈顺层富集型分布, 牛 38 井, 230 \times ; 2. 粒状、短线状孢子体呈分散型分布, 牛 38 井, 230 \times ; 3. 弯曲状、短线状及粒状孢子体, 细线状角质体呈局部富集型分布, 草 2-0-16 井, 230 \times ; 4. 含粉砂泥岩中的片间孔隙, 面 20 井; 5. 泥岩中的残留收缩裂隙, 潜 103 井; 6. 含粉砂泥岩中扩大的裂隙, 潜 107 井; 7. 含粉砂泥岩中的气胀孔隙, 营 12-检 48 井; 8. 含粉砂灰质泥岩中的溶蚀孔隙, 面 20 井,