

文章编号: 0253-9985(2011)03-0420-10

塔里木盆地轮古地区轮深 2 井蓬莱坝组 沥青浸染样式

王旭^{1,2}, 沈建伟¹, 杨红强^{1,2}, 王月^{1,2}, 刘永福³

(1. 中国科学院南海海洋研究所 边缘海地质重点实验室, 广东 广州 510301; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3 中国石油塔里木油田公司 勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000)

摘要: 在塔里木盆地轮古地区, 轮深 2 井下奥陶统蓬莱坝组岩心存在大量的沥青浸染。通过详细观察下奥陶统蓬莱坝组两个回次的岩心, 认为存在 6 种类型的沥青浸染样式。它们分别是: 沿着水平纹层浸染、沿着微裂缝纹层复合浸染、沿着裂缝浸染、沿着溶孔浸染、沿着压溶裂缝浸染以及沿着拉分空间块状浸染。不同类型的沥青浸染样式具有不同的成因以及油气富集意义。这些现象说明蓬莱坝组曾经有过油气充注历史, 由于富集空间类型的差异使得沥青样式出现不同类型。通过轮深 2 井蓬莱坝组白云岩的沥青浸染样式分类以及储层成因意义分析, 可以为该地区白云岩储层精细表征提供地质依据。研究认为硅质岩是导致蓬莱坝组钻时增大的主要原因, 同时蓬莱组实际取心沥青浸染样式可以说明之前预测的“串珠”状白云岩储层不是有利储层。

关键词: 沥青; 浸染样式; 白云岩储层; 轮深 2 井; 蓬莱坝组; 下奥陶统; 塔里木盆地

中图分类号: TE122.2 **文献标识码:** A

Bitumen impregnation patterns of the Lower Ordovician Penglaiba Formation in Well Lunshen-2 in Lungu area, the Tarim Basin

Wang Xu^{1,2}, Shen Jianwei¹, Yang Hongqiang^{1,2}, Wang Yue^{1,2} and Liu Yongfu³

(1 Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510301, China; 2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3 Research Institute of Exploration and Production, PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla, Xinjiang 841000, China)

Abstract Bitumen impregnations is common in cores of the Lower Ordovician Penglaiba Formation of Well Lunshen-2 in Lungu area, the Tarim Basin. Through detailed observation of two cored intervals in the Formation, it is inferred that there exist six types of bitumen impregnation patterns, i.e. lamination impregnation, fissure and lamination composite impregnation, fracture impregnation, vug impregnation, irregular stylolite impregnation, and pull-apart space impregnation. Different types of bitumen impregnations have different origins and hydrocarbon accumulation significances. It is indicated that the Penglaiba Formation experienced hydrocarbon charging and the different types of bitumen impregnation were caused by the differences of space types for hydrocarbon enrichment. The recognition of bitumen impregnation patterns and analysis of their relationship with reservoir genesis provide a geological basis for fine characterization of the dolomite reservoirs in the study area. Study shows that the silicate in the Penglaiba Formation is the main factor leading to the increase of drilling time and the previously predicted “catenular” dolomites are not favorable reservoirs.

Key words bitumen; impregnation pattern; dolomite reservoir; Well Lunshen-2; Penglaiba Formation; Lower Ordovician; Tarim Basin

收稿日期: 2011-01-03

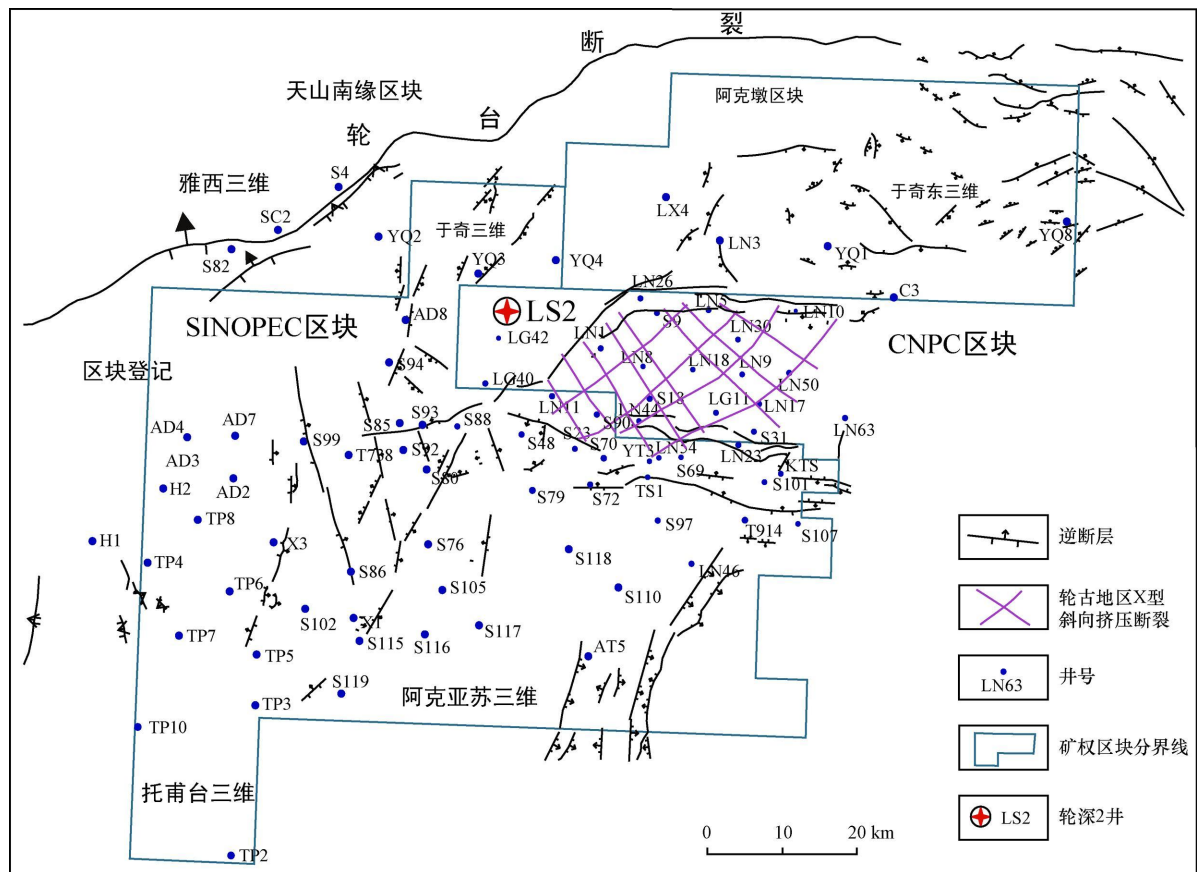
第一作者简介: 王旭 (1984-), 男, 博士研究生, 储层沉积学与海洋地质学。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40976030); 广东省自然科学基金项目 (9251030101000000)。

白云岩储层研究一直是世界油气勘探的热点问题^[1-2]。加拿大西部盆地以及北美东北部密歇根盆地的白云岩储层油气产能占该区总产能的 80%以上^[3]。塔里木盆地地下古生界发育巨厚层的白云岩,埋藏区厚度可以达到 1 600 m 以上^[4]。已经证实存在各种类型的白云岩储层(古潜山型、内幕型以及热液白云岩储层)预示着塔里木盆地地下古生界白云岩具有巨大的油气^[5]。沥青在岩心中的浸染样式代表了油气在地下的富集状况,对沥青浸染样式的精细剖析有助于深刻认识地下白云岩中油气的赋存状态,进而详细表征白云岩储层^[6-8]。塔里木盆地轮古地区轮深 2 井下奥陶统蓬莱坝组取心段存在大量沥青浸染,本文通过详细描述沥青浸染样式,分析各种浸染样式的成因机理,评价相应样式的油气富集能力,希望能够为精细表征白云岩储层提供一些地质参考依据。

1 地质背景

轮古地区位于塔里木盆地塔北隆起东部,北以轮台断裂为界并与轮台断隆相接,南临满加尔凹陷,东西分别为草湖凹陷和哈拉哈塘凹陷(图 1)。轮南潜山位于塔里木盆地塔北隆起轮南低凸起的中部,构造整体表现为一大型背斜,背斜上发育有两排断垒带(轮南断垒带和桑塔木断垒带)及北部斜坡带、西部斜坡带、中部斜坡带和桑南潜山带,轮古西地区东以轮西断裂为界,向西包括轮古 9 井区和轮古 15 井区两个含油区块,总体上呈北西向倾斜^[9-10]。海西中晚期,在早期构造背景下,形成了近东西向的轮南断垒带和桑塔木断垒带以及两者之间的斜坡带;印支-燕山期,该区构造格局变化不大;到喜马拉雅期,该区整体北倾,最终



形成了现今的构造格局^[11-12]。轮深 2 井位于轮南断垒的西部, 目的层是下奥陶统蓬莱坝组白云岩储层, 完钻井深是 6 920 m, 井底层位是寒武系, 在下奥陶统蓬莱组取心两筒。

2 岩心描述

轮深 2 井在下奥陶统蓬莱坝组共取岩心两回次, 其中第一回次岩心深度范围是 6 572.00~6 577.18 m, 进尺 5.18 m, 实长 5.12 m, 收获率 98.8%, 灰白色-深灰色细粉晶含泥质白云岩, 存在大量沥青浸染。裂缝较为发育, 水平纹层裂缝和垂直水平纹层裂缝以及不均匀的斜交裂缝中充填沥青或黑色泥质有机质; 在局部裂缝中, 先期充填中细晶直面自形-半自形白云岩胶结物, 后期充填方解石脉。发育少量溶孔, 直径 2~5 mm, 溶孔边上充填沥青。第一回次的 15 23 34 以及 47 块岩心存在结核状硅质条带或内碎屑白云岩角砾, 长 2~5 cm, 宽 1~3 cm。压溶缝较为发育, 其中充填沥青, 第 41 块岩心发育酸性流体环境中的黄铁矿, 手标本上呈现暗黄色, 呈斑点状分布(图 2)。

第二回次岩心深度范围是 6 853.80~6 856.80 m, 进尺 3.00 m, 实长 2.96 m, 收获率 98.7%。岩心基质是灰白色中粗晶白云岩, 按照大小可以分为微型溶孔(直径 0.062 5~1 mm)、中型溶孔(0.5~4 mm)以及大型溶孔(10 mm 以上)。一般而言, 溶孔中首先充填鞍形白云石, 其次充填沥青, 最后充填方解石。裂缝同样较为发育, 按照裂缝宽度可分为微裂缝(宽度 1 mm 以下)、小型裂缝(宽度 1~5 mm)、中型裂缝(宽度 5 mm~10 mm)以及大型裂缝(宽度 10 mm 以上)^①。微裂缝中主要充填方解石, 中小型裂缝则首先充填中细晶亮白云岩胶结物^[13], 然后充填方解石, 局部也可能有沥青浸染, 而大型裂缝则首先充填鞍型白云岩, 然后浸染沥青(或没有), 最后充填方解石(LS2-2-3-29)(图 2)。

3 沥青浸染样式

通过岩心观察, 可以将轮深 2 井下奥陶统蓬莱坝组的沥青浸染样式分为 6 种类型, 即沿着水

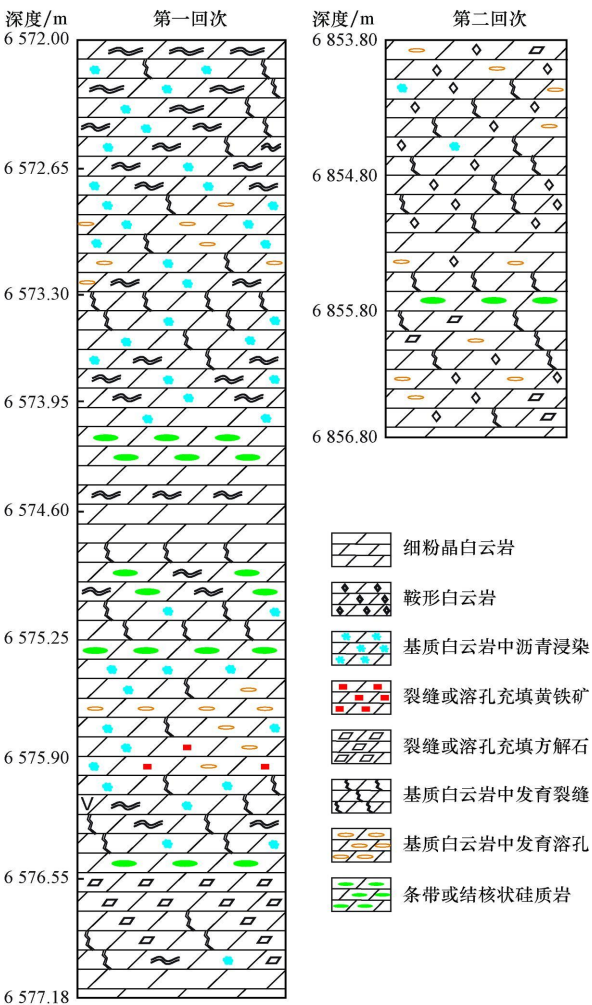


图 2 轮深 2 井下奥陶统蓬莱坝组两个回次岩心柱状图
Fig. 2 Stratigraphic column of two cored intervals of the Lower Ordovician Penglaiba Formation in Well Lunshen-2

平纹层浸染、沿着微裂缝和水平纹层复合浸染、沿着裂缝浸染、沿着溶孔浸染、沿着压溶裂缝不规则弯曲羊肠状浸染、沿着左型走滑裂隙之间的拉分空间块状浸染。其中第二、第三、第四类型的浸染样式根据组合关系以及浸染空间的大小又可以进一步细分为多种次级类型。下面将详细阐述各种类型沥青浸染样式的成因以及作为油气赋存空间的能力。

3.1 沿着水平纹层浸染

水平纹层是同生期形成的, 由于一回次取心白云岩属于细粉晶白云岩, 推测属于同生准同生

① 张克银, 李铁军, 邵志兵等. 塔里木盆地油气勘探潜力和油气富集规律研究, 中国石油化工股份公司西部新区勘探指挥部, 2004.

期直接从海水中沉淀下来,与叠层石的形成过程相似,伴有生物作用。在成岩作用过程中,水平纹层与围岩基质之间存在收缩作用,因而会形成非常细小的间隙^[14-15],宽度一般在 0.1 mm 左右(图 3a、b,图 4),由于后期油气充注,使沥青进入到水平纹层间隙中。这种类型的油气充注作用一般只是沿着水平纹层的间隙发生,沥青充注量非常少,且丰度非常低,沥青浸染率一般小于 5%,在局部可见渗流粉砂。具有该类型油气赋存状态的白云岩不是很好的储层。

3.2 沿着微裂缝、纹层复合浸染

1) 沿着水平纹层和水平裂缝复合浸染

该类型浸染比沿水平纹层浸染的沥青浸染率大。顺着水平纹层发育的水平裂隙,是早期水平纹层受晚期应力作用,发生错动而形成的^[16],其复合沥青浸染率约为 5%~8%。水平裂隙的宽度一般小于 0.5 mm,可见方解石存在,从图中可以识别方解石是在沥青浸染之后形成的(图 3c,图 4)。

2) 沿着水平顺层的裂缝和垂直裂缝复合线状浸染

从图中可见水平裂缝晚于垂直裂缝形成,沥青沿着裂隙浸染,微裂隙的宽度小于 0.5 mm,浸染率约 1%~2%。沥青是在裂缝系统形成之后才进行充注的(图 3d,图 4)。

3) 水平纹层间隙、水平裂缝以及垂直裂缝复合浸染

三者复合沥青浸染,裂隙以及纹层的宽度均小于 0.5 mm,沥青浸染率小于 5%,从图中可以看出只有少量零星的沥青浸染(图 3e,图 4)。

4) 水平纹层间隙、水平裂缝和垂直-斜交裂缝复合线状浸染

该种沥青浸染类型比较复杂,涉及 4 种沉积构造元素,即水平纹层间隙、水平裂隙、垂直裂隙以及斜交裂隙。沥青浸染率同样小于 5%,沥青浸染量以及波及面积非常小,裂隙和水平纹层的宽度均小于 0.2 mm,3 种产状的裂隙分布均以小角度相交,说明受到相同或相似方向的应力作用形成(图 3f,图 4)。

3.3 沿着裂缝浸染

裂缝浸染样式按照裂缝的大小,可以进一步

细分为两种类型。

1) 沿着中小型裂缝整体面状浸染

中小型裂缝的宽度一般在 1~5 mm 之间,虽然沥青的宽度不大,但是延伸长度较长,涉及面积较大,因此沥青面积浸染率较大,可以达到 30%~50%(图 3g,图 4)。

2) 沿着大型裂缝浸染

裂缝宽度约为 2.5 cm,长度可达 6~7 m。沿着裂缝存在大量的沥青浸染,浸染率一般在 10%(图 3h,图 4)。沿着裂缝先期充填鞍形白云岩的前驱物(precursor)或基底物(substrate)中细晶体白云岩胶结物^[13-17],或第一期鞍型白云岩,其次发育鞍型白云岩,最后充填沥青。此类裂缝宽度较大,从裂缝中存在鞍型白云岩可以推断,在裂缝形成之后,存在热液流体的进入,进一步对裂缝周边的基质白云岩起到溶蚀作用,随着流体温度的降低,形成鞍形白云岩沉淀。后期酸性流体如油气沥青充注,形成沥青浸染。该类裂缝是有利的白云岩储集空间。

3.4 沿着溶孔浸染

1) 沿着水平纹层间隙线状以及针孔状溶孔斑状复合浸染

针孔状溶孔的直径在 1 mm 左右,沥青一般通过溶孔间的微裂隙进入到溶孔中,形成沥青浸染。由于油气充注过程存在一定压力,油气进入溶孔后会向溶孔四周白云岩晶间孔渗透,所有岩心上见到的沥青浸染范围大于实际溶孔的面积,浸染率约为 5%~10%。同时还存在水平纹层间隙的沥青浸染,但是侵入沥青的量少、丰度低(图 4,图 5a)。

2) 沿着水平纹层、垂直裂隙、斜交裂隙线状浸染以及沿着针孔状溶孔斑块状浸染

该块岩心包含 4 种沉积构造元素,沥青浸染率约 6%,主要以针孔状溶孔斑状浸染为主(图 4,图 5b)。

3) 沿着中小型溶孔大面积不规则斑块状浸染

该种浸染方式要求不同溶孔之间有裂隙输导,使相对孤立发育的溶孔得以相互连通,沥青浸染率可以达到 15%。局部发育的中小型溶孔是基质选择性白云岩化作用形成的^[18-19](图 4,图 5c)。

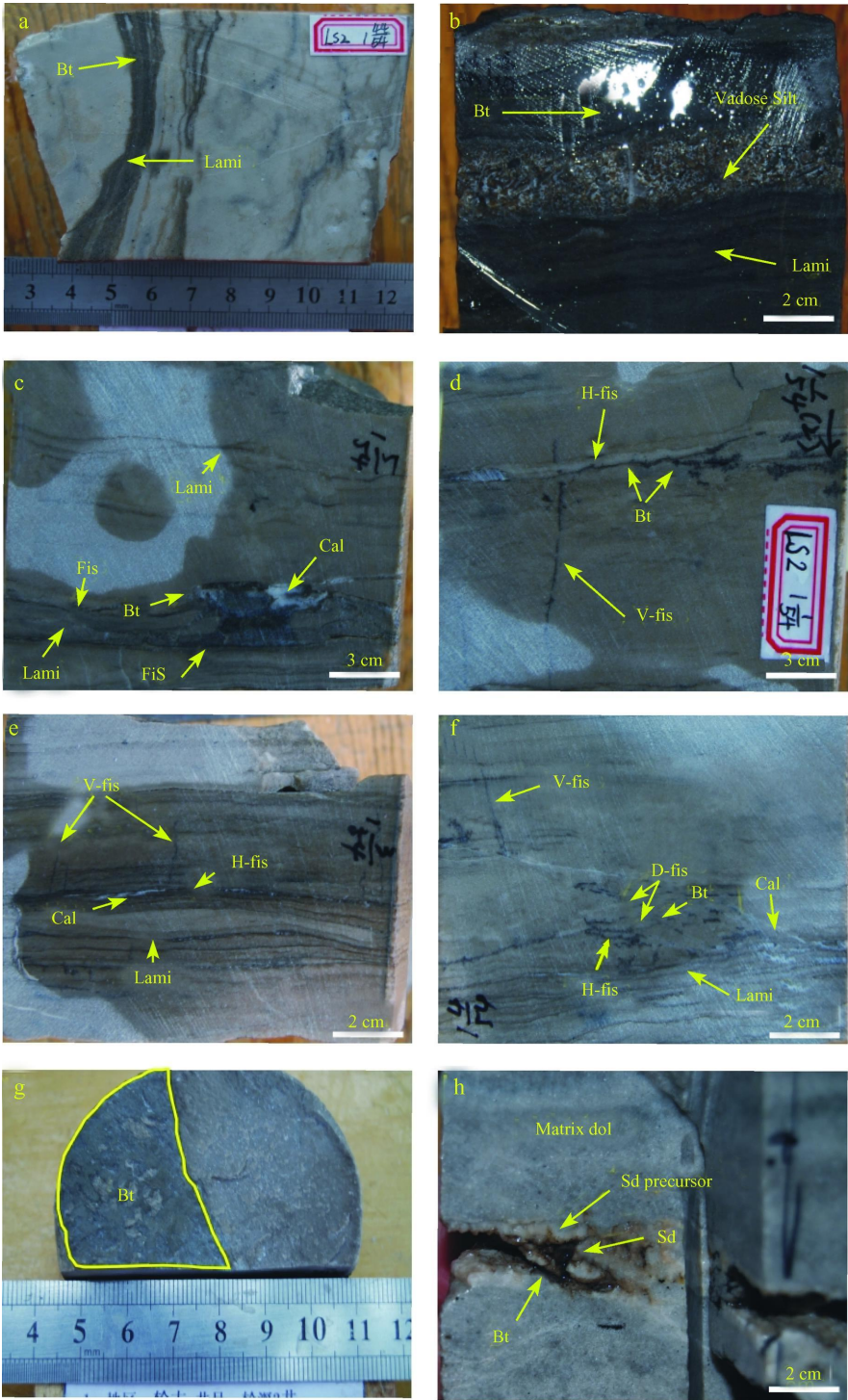


图 3 轮深 2 井下奥陶统蓬莱坝组沥青浸染样式

Fig. 3 Bitumen impregnation patterns of the Lower Ordovician Penglaiba Formation in Well Lunshen-2

Lami 水平纹层; Bt 沥青; Vadose Silt 渗流粉砂; Cal 方解石; H-fis 水平裂隙; V-fis 垂直裂隙; D-fis 倾斜裂隙; Matrix dol 基质白云岩; Sd 鞍状白云岩; Sd precursor 鞍状白云岩的前替物

- a 沿着水平纹层间隙浸染, LS2-1-54-44; b 沿着水平纹层间隙浸染, LS2-1-54-52; c 沿着水平纹层及水平裂缝复合线状浸染, LS2-1-54-5; d 沿着水平顺层的裂缝以及垂直裂缝复合线状浸染, LS2-1-54-1; e 水平纹层间隙、水平裂缝以及垂直裂缝复合线状浸染, LS2-1-54-3; f 水平纹层间隙、水平裂缝以及垂直-斜交裂缝复合线状浸染, LS2-1-54-4; g 沿着中小裂缝整体面状浸染, LS2-1-54-26; h 沿着大型裂缝浸染, LS2-2-29-3

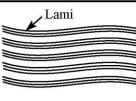
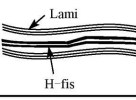
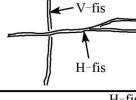
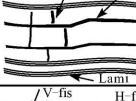
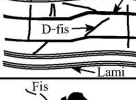
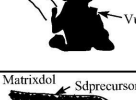
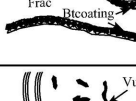
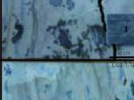
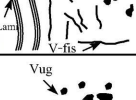
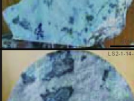
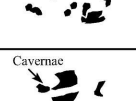
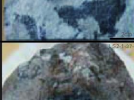
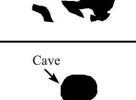
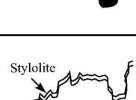
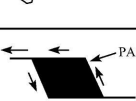
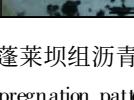
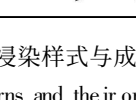
沥青浸染样式		岩心照片	素描图	沥青浸染率	储集空间类型	储集空间评价	成因解释
沿水平纹层浸染				<5%	水平纹层间隙	差	原生沉积作用形成,纹层与围岩基质之间物质成分差异,由成岩作用形成纹层间隙
沿微裂缝纹层复合浸染	沿水平纹层间隙和水平裂缝复合浸染			5%~8%	水平纹层间隙,水平裂隙	一般	原生沉积作用形成,纹层与围岩基质之间物质成分差异,二者之间在最容易破裂的部位在外力作用下形成水平裂隙
	沿水平裂缝和垂直裂缝复合浸染			1%~2%	水平裂隙垂直裂隙	差	次生成岩作用形成,存在两期不同应力,水平晚于垂直裂隙
	沿水平纹层间隙水平裂缝和垂直裂缝复合浸染			<5%	水平纹层水平裂隙垂直裂隙	一般	原生沉积作用以及次生成岩作用形成,其中次生成岩作用经历两期相互垂直的应力作用
	沿水平纹层间隙,水平裂缝和垂直-斜交裂缝复合浸染			<5%	水平纹层水平裂隙垂直裂隙斜交裂隙	一般	原生沉积作用以及次生成岩作用形成,其中次生成岩作用经历三期不同方向的应力作用
沿裂缝浸染	沿中小型裂缝整体面状浸染			30%~50%	裂隙,裂缝	中等	次生成岩作用形成,在后期应力作用下形成裂隙,之后沥青沿着裂隙浸染
	沿大型裂缝浸染			30%左右	大型裂缝	好	次生成岩作用形成,后期应力作用下形成裂隙,热液流体作用形成Sd前驱物以及Sd最后沥青沿着裂隙浸染
沿溶孔浸染	沿水平纹层间隙线状以及针孔状溶孔斑状复合浸染			5%~10%	水平纹层小型针孔状溶孔	中等	原生沉积作用形成水平纹层间隙,次生成岩作用形成针孔状溶孔,两者之间存在小型输导通道,使得沥青进入
	沿水平纹层间隙,水平裂缝和垂直裂缝线状以及针孔状溶孔斑状复合浸染			6%左右	水平纹层水平裂隙垂直裂隙小型针孔状溶孔	中等	原生沉积作用和次生成岩作用共同作用,形成针孔状溶孔,沥青进入,发生基质选择性白云岩化作用
	沿中小型溶孔大面积不规则斑块状浸染			15%左右	小型溶孔	中等	原始岩石基质组分存在不均一性,发生次生成岩作用与基质选择性白云岩化作用
	沿中型溶孔以及裂缝大面积不规则角砾状斑块状浸染			10%~25%	中型溶孔	好	张性断裂导致角砾化作用或坍塌作用,热液流体侵入之后将对裂缝周围的基质进一步溶蚀,形成溶孔
	沿大型溶孔浸染			20%左右	大型溶孔	好	次生成岩作用形成,差异溶蚀化颗粒或异化颗粒不稳定部位发生溶蚀作用,然后逐步扩展到铸体边缘的基质中
着沿压溶裂缝浸染				10%左右	缝合线	一般	物理压实作用,化学溶蚀作用形成,流体带走溶解物质,形成缝隙空间,机械压实造成羊肠状
沿着拉分空间块状浸染				20%左右	裂缝,左行拉分空间	中等	两个相反方向的裂缝之间拉分作用部位,其必须存在一定的先决条件,如微裂隙,小型溶孔

图 4 轮深 2井蓬莱坝组沥青浸染样式与成因类型综合评价

Fig 4 Comprehensive evaluation of bitumen impregnation patterns and their origins in the Penghai Formation in Well Lunshen-2
Lami 水平纹层; H-fis 水平裂隙; V-fis 垂直裂隙; D-fis 倾斜裂隙; Vug 溶孔; Matrix dol 基质白云岩; Sd precursor 鞍形白云石的前替物; Sd 鞍形白云石; Bt 沥青; Stylolite 缝合线; PAS 拉分作用空间

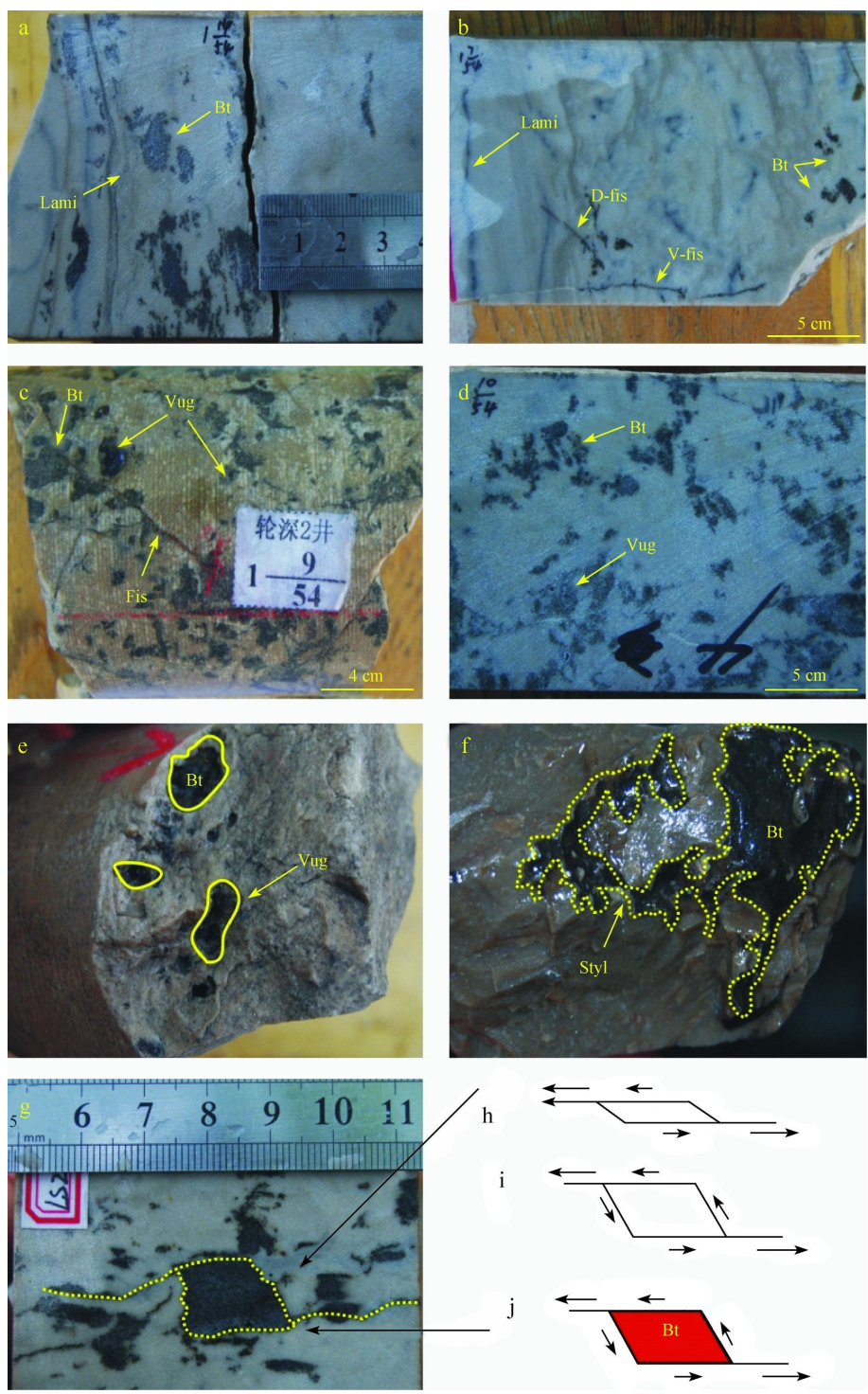


图 5 轮深 2 井下奥陶统蓬莱坝组沥青浸染样式

Fig 5 Bitumen impregnation patterns of the Lower Ordovician Penglaiba Formation in Well Lunshen-2

Lami 水平纹层; Bt 沥青; Vug 溶孔; Fis 裂隙; D-fis 倾斜裂隙; V-fis 垂直裂隙; Styl 缝合线

a 沿着水平纹层间隙线状以及针孔状溶孔斑状复合浸染, LS2-1-54-14 b 沿着水平纹层、垂直裂缝、斜交裂缝线状浸染以及沿着针孔状溶孔斑状浸染, LS2-1-7-54 c 沿着中小型溶孔大面积不规则斑块状浸染, LS2-1-54-9 d 沿着中型溶孔以及裂缝大面积不规则角砾状斑块浸染, LS2-1-54-10 e 沿着大型溶孔浸染 LS2-1-54-36 f 沿着压溶裂缝不规则弯曲羊肠状浸染, LS2-1-54-51; g 沿着左型走滑裂隙之间的拉分空间块状浸染, LS2-1-54-13 h i j 左行拉分空间形成的过程示意图

4) 沿着中型溶孔以及裂缝大面积不规则角砾状、斑状浸染

张性断裂导致了碳酸盐岩的角砾化作用和垮塌作用,热液流体主要通过这种渗透网络在碳酸盐岩台地中流动,导致了白云岩的溶解以及在溶孔中相关的白云岩胶结作用或碳酸盐岩的交代作用^[20]。在热液流体作用之后,油气充注形成沥青浸染,浸染率可以达到 10% ~ 25%。这种类型的角砾化破碎带,在地震剖面上常常具有非常微弱的特征,且地震反射层间断、不连续(图 4 图 5d)。

5) 沿着大型溶孔浸染

岩心中大型溶孔直径在 1~4 cm 之间,溶孔储集空间大,是最有利的油气储层。沥青一般附着在大型溶孔壁上,浸染率一般可以达到 20% (图 4 图 5e)。大型溶孔的形成时限可以在白云岩化作用之前或之后。岩石中相对不稳定的生化颗粒或异化颗粒的差异溶蚀作用形成了溶孔,这些具有溶孔或铸模孔的灰岩经过白云岩化之后仍然会保留之前形成的溶孔^[21]。Machel^[2]认为溶孔白云岩是由完全基质白云岩化岩石溶解作用造成的,溶解作用通常首先发生在没有被交代的较大的生化颗粒或异化颗粒中,溶解作用逐渐顺着铸模孔边逐渐向基质白云岩推进。但是这种解释观点需要发生白云岩溶解作用的流体不能继续形成白云岩沉积,否则将不会形成溶孔。

3.5 沿着压溶裂缝浸染

缝合线是由于物理作用和化学作用共同形成的,沥青沿着缝合线的空间间隙进入,形成沥青浸染。轮深 2 井的岩心中,大量沥青沿着缝合线发生的浸染作用(图 4 图 5f),浸染量的多少以及波及范围的大小却有很大的不同。部分沥青沿着缝合线波及面积很大,沥青浸染率可以达到 20% ~ 30%,局部沥青只是沿着缝合线内部浸染,而周边没有任何沥青波及,造成这两种不同的缝合线沥青浸染样式的原因可能有很多,如沥青侵入量的多少、缝合线的宽度大小以及沥青进入的缝合线的排替压力的大小等。

3.6 沿着拉分空间块状浸染

沥青沿着左行走滑裂隙之间的拉分空间浸染是沿着裂缝浸染的一种衍生,但是它的形成机制

以及沥青浸染率却有很大不同。左型走滑拉分空间的形成需要形成两条裂缝的应力方向必须是相反的,两条裂缝之间有一定的距离,并且两条裂缝之间的岩石必须存在先期的溶孔或裂隙^[22-23],这样才能在后期的裂缝拉分作用下形成拉分空间(图 5h, i, j)。沥青浸染率较高,可以达到 20% 左右(图 4 图 5g)。

4 浸染样式成因及油气地质意义

蓬莱坝组沥青浸染样式的成因分析见图 5。轮古地区奥陶系岩溶储层是在加里东晚期形成,经过海西运动改造并定型的大型继承性古隆起^[24-25]。主要的沉积环境是开阔-局限海台地环境。奥陶系碳酸盐岩的岩溶-缝洞型油气藏是在该古隆起经历了海西早期长期风化剥蚀的基础上形成的。其中下奥陶统的蓬莱坝组一直被认为是上部岩溶储层的接替区带^[26-27]。通过对岩心的详细观察,可知岩溶缝洞以及同生、准同生沉积作用共同构成了本区复杂的油气运聚动力系统^[28-29]。但是实际的钻探表明,该套白云岩硬度较大,钻时钻压增大,下奥陶统蓬莱坝组野外露头和室内岩心都出现大量硅质岩夹层和硅质岩条带,这是导致蓬莱坝组钻时增大的原因。同时蓬莱组实际取心的沥青浸染样式,还可以说明之前预测的“串珠”状蓬莱坝组白云岩是不利的储层。

5 结论

1) 下奥陶统蓬莱坝组岩心存在 6 种类型的沥青浸染样式,它们分别是沿着水平纹层浸染、沿着微裂缝和水平纹层复合浸染、沿着裂缝浸染、沿着溶孔浸染、沿着压溶裂缝不规则弯曲羊肠状浸染以及沿着左型走滑裂隙之间的拉分空间块状浸染,其中每一种类型又可以细分为多个次一级的类型,不同类型的沥青浸染样式具有不同的成因以及油气富集意义。

2) 通过系统分析和评价 6 大类沥青浸染样式以及其储层空间类型和油气富集能力,得出大型裂缝、中型溶孔和大型溶孔是最有利的油气富集空间类型。

3) 通过对沥青样式的详细表征, 结合该地区油气成藏历史、野外露头 and 室内岩心观察分析, 可以说明岩下奥陶统溶缝洞以及同生准同生沉积作用共同构成了本区复杂的油气运聚动力系统, 致密的白云岩层和大量发育的硅质岩夹层和条带都是使得钻时增加的原因。

致谢: 感谢塔里木油田公司 勘探开发研究院实验中心肖中尧和黄智斌主任的协助, 同时感谢审稿人提出的宝贵修改意见。

参 考 文 献

- [1] Warren John Dolomite occurrence evolution and economically important associations[J]. Earth-Science Review, 2000, 52: 1- 81
- [2] Mache Hans G. Concepts and modes of dolomitization a critical reappraisal[M]// Colin Braithwaite, Giancarlo Rizzo, Gillian Darke. The Geometry and Petrogenesis of Dolomite Hydrocarbon Reservoirs. London: Geological Society Publications, 2004, 235: 7- 63
- [3] Davies Graham, Smith Langhome. Structurally controlled hydrothermal dolomite reservoir facies: An overview. AAPG Bulletin, 2006, 90: 1641- 1690
- [4] 朱井泉, 吴适强, 王国学, 等. 塔里木盆地寒武-奥陶系主要白云岩类型及孔隙发育特征[J]. 地学前缘, 2008, 15(2): 67- 79
Zhu Jinquan, Wu Shiqiang, Wang Guoxue, et al. Types and porosity characteristics of the Cambrian-Ordovician dolostones in Tarim Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2): 67- 79
- [5] 钱一雄, Conxita Taberner, 邹森林, 等. 碳酸盐岩表生岩溶与埋藏溶蚀比较——以塔北和塔中地区为例[J]. 海相油气地质, 2007, 12(2): 1- 7.
Qian Yixiong, Conxita Taberner, Zhou Shenglin, et al. Diagenesis comparison between Epigenic karstification and burial dissolution in carbonate reservoirs: an instance of Ordovician carbonate reservoirs in Tabei and Tazhong regions, Tarim Basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2007, 12(2): 1- 7.
- [6] 郭汝泰, 肖贤明, 王建宝, 等. 塔里木盆地轮南下奥陶统沥青的发现及其意义[J]. 新疆石油地质, 2002, 23(1): 21- 26
Guo Rutai, Xiao Xianming, Wang Jiangbao, et al. The discovery of Lower Ordovician bitumen in Lunnan low uplift of Tarim basin and its geological significance[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2002, 23(1): 21- 26
- [7] 张俊, 庞雄奇, 刘络夫, 等. 塔里木盆地志留系沥青砂岩的分布特征与石油地质意义[J]. 中国科学 D 辑-地球科学, 2004, 34(增刊): 169- 176
Zhang Jun, Pang Xiongqi, Liu Luofu, et al. Distribution characteristics and petroleum geological significance of Ordovician bitumen sandstone in Tarim Basin[J]. Science in China Series D Earth Science, 2004, 34(supplement): 169- 176
- [8] 唐友军, 王铁冠, 钱一雄. 卡塔克隆起中 1 井储层沥青地球化学特征与成因[J]. 沉积学报, 2007, 25(4): 640- 647.
Tang Youjun, Wang Tieguang, Qian Yixiong. Geochemical characteristics and origin of reservoir bitumen from well Zhong 1 in Katakun uplift, Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(4): 640- 647
- [9] 贾承造, 魏国齐. 塔里木盆地的古生界隆起和中、新生界前陆逆冲带构造及控油意义[M]// 童晓光, 梁狄刚, 贾承造. 塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京: 科学出版社, 1996: 225- 233
Jia Chengzao, Wei Guoqi. Obduction zone and oil trapping significance of Mesozoic-Cenozoic foreland and Paleozoic uplifts in Tarim Basin[M]// Tong Xiaoguang, Liang Digang, Jia Chengzao. New proceedings of geological researching in Tarim Basin. Beijing: Science Press, 1996: 225- 233
- [10] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 200- 400.
Jia Chengzao. Tectonic characteristics and hydrocarbon in Tarim Basin, China[M]. Beijing: Petroleum Industrial Press, 1997: 200- 400
- [11] 杨宁, 吕修祥, 陈梅涛, 等. 塔里木盆地轮南、塔河油田碳酸盐岩储层特征研究——以沙 107 井和轮古 40 井为例[J]. 石油实验地质, 2008, 30(3): 247- 251.
Yang Ning, Lue Xixiang, Chen Meitao, et al. Study of the characteristics of carbonate reservoirs in Lunnan and Tahe oil fields: the Tarim Basin-taking wells S107 and LG 40 as examples[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(3): 247- 251
- [12] 何治亮, 彭守涛, 张涛. 塔里木盆地塔河地区奥陶系储层形成的控制因素与复合-联合成因机制[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6): 743- 752
He Zhiliang, Peng Shoutao, Zhang Tao. Controlling factors and genetic pattern of the Ordovician reservoirs in the Tahe area, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(6): 743- 752
- [13] Chen Daizhao, Qing Hairui, Yang Chao. Multistage hydrothermal dolomites in the Middle Devonian (Givetian) carbonates from the Guilin area, South China[J]. Sedimentology, 2004, 51: 1029- 1051.
- [14] Capo Rosemary, Whipkey Charles, Blachere Jean et al. Pedogenic origin of dolomite in a basaltic weathering profile, Kohala Peninsula, Hawaii[J]. Geology, 2000, 28: 271- 274.
- [15] Pichler Thomas, Humphrey John. Formation of dolomite in recent island-arc sediments due to gas-seawater sediment interaction[J]. Journal of Sedimentary Research, 2001, 71: 394- 399.
- [16] Aydin Atilla, Johnson Arvid. Analysis of faulting in porous sandstones[J]. Journal of Structural Geology, 1983, 5: 19- 31

[17] Gasparrini M arta Bechstadt Thilo Boni M aria Massive hydrothermal dolomites in the southwestern cantabrian zone(spain) and their relation to the Late Variscan evolution[J]. Marine and Petroleum Geology 2006, 23 543– 568.

[18] Saller A rthur Petrologic and geochemical constraints on the origin of subsurface dolomite Enewetak Atoll an example of dolomitization by normal seawater[J]. Geology 1984 12: 217– 220

[19] Veerle Vandeginstea Rudy Swennena Sarah G leeson et al Development of secondary porosity in the Fairholme carbonate complex (southwest Alberta Canada) [J]. Journal of Geochemical Exploration 2005 89(3): 394– 397

[20] Lavoie David Chi Guoqiang Hydrothermal dolomitization in the Lower Ordovician Romaine Formation of the Anticosti Basin significance for hydrocarbon exploration[J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology 2005 53 454– 472

[21] Tucker Maurice, Wright Paul Carbonate Sedimentology[M]. Blackwell Scientific, Oxford 1990 1– 50

[22] Aydin A tilla Small faults formed as deformation bands in sandstone[J]. Pure and Applied Geophysics 1978 116 913– 930.

[23] Brahen Alvar T veranger Jan Fossen Haakon et al Fault facies and its application to sandstone reservoirs [J]. AAPG Bulletin 2009, 93(7): 891– 917

[24] 林忠民. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层特征及成藏条件[J]. 石油学报, 2002, 23(3): 23– 26.
Lin Zhongmin. Carbonate rock reservoir features and oil-gas accumulating conditions in the Ordovician of Tahe oilfield in northern Tarim Basin[J]. Acta Petrolei Sinica 2002 23(3): 23– 26

[25] 叶德胜, 王根长, 林忠民, 等. 塔里木盆地北部寒武-奥陶系碳酸盐岩储层特征及油气前景[M]. 成都: 四川大学出版社, 2000 88– 102

Ye Desheng Wang Gengchang Lin Zhongmin et al Carbonate reservoir characteristics and hydrocarbon perspective of Cambrian-Ordovician period in northern part of Tarim Basin[M]. Chengdu: Sichuan University Press 2000 88– 102

[26] 叶德胜, 王恕一, 张希明, 等. 新疆塔里木盆地北部储层沉积、成岩特征及储层评价[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1995 78– 204

Ye Desheng Wang Suyi Zhang Xinling et al Reservoir sedimentation, diagenetic characteristics and reservoir assessment in the northern part of Tarim Basin, Xinjiang Autonomous Region[M]. Chengdu: Chengdu University of Science and Technology Press 1995: 78– 204.

[27] 何发岐, 朱起煌, 韩振华, 等. 裂缝碳酸盐岩勘探开发和盐下地震成像技术[J]. 石油物探译丛, 2000 91– 200

He Faqi Zhu Qihuang Han Zhenghua et al Exploration and development of fracture carbonate and seismic imaging in subsalt[J]. Collection of Translation of Petroleum Geophysical Prospecting 2000: 91– 200.

[28] 郭光辉, 汪海, 陈志勇, 等. 塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩复杂油气藏的特性[J]. 石油与天然气地质, 2010 31(6): 763– 769

Wu Guanghui Wang Hai Chen Zhiyong et al Characteristics of the complex Ordovician carbon reservoirs in the Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology 2010 31(6): 763– 769

[29] 崔海峰, 张年春, 郑多明等. 塔里木盆地牙哈断裂构造带寒武系白云岩潜山储层预测[J]. 石油与天然气地质, 2009 30(1): 116– 121

Cui Haifeng Zhang Nianchun, Zheng Duoming et al Prediction of dolomite reservoirs for the Cambrian buried hills in the Yaha fault structural belt the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology 2009, 30(1): 116– 121

(编辑 董 立)

(上接第 419 页)

油藏单砂体层次细分及成因[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(1): 119– 125

Li Jun Song Xinmin Xue Peihua et al Hierarchical subdivision and origin of single sandbody in the reservoirs of meandering river facies in the Yangdangzhi formation of Fuyu oilfield[J]. Oil & Gas Geology 2010 31(1): 119– 125

[20] 侯贵廷, 冯大晨, 王文明, 等. 松辽盆地的反转构造作用及其对油气成藏的影响[J]. 石油与天然气地质, 2004 25(1): 49– 47

Hou Guiting Feng Dachen Wang Weming et al Reverse structures and their impacts on hydrocarbon accumulation in Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology 2004 25(1): 49– 47.

[21] 邹才能, 陶士振, 古志东, 陆相拗陷盆地层序地层格架下岩性地层圈闭/油藏类型与分布规律——以松辽盆地白垩系泉头组—嫩江组为例[J]. 地质科学, 2006 41(4): 711– 719

Zou Caineng Tao Shizhen Gu Zhidong Types and distributions of litho-stratigraphic traps/ reservoirs in sequence stratigraphic framework in continental depressional basin: an example from the Cretaceous in the Songliao Basin[J]. Chinese Journal of Geology 2006, 41(4): 711– 719

[22] 华保钦. 构造应力场、地震泵和油气运移[J]. 沉积学报, 1995 13(2): 77– 85.

Hua Baoqin Stress field seismic pumping and oil-gas migration[J]. Acta Sedimentologica Sinica 1995 13(2): 77– 85

(编辑 李 军)