

辽河盆地东部凹陷渐新统辉绿岩:特征、识别与成藏规律

孙 昂¹, 黄玉龙¹, 李 军², 冯玉辉¹, 王建飞², 王璞珺¹

(1. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 中国石油 辽河油田分公司 勘探开发研究院, 辽宁 盘锦 124010)

摘要:基于41口钻井3 555 m辉绿岩井段测录井、岩心岩屑和560 km²三维地震资料,通过86件岩石薄片鉴定,建立地质属性-测井/地震响应关系,研究辽河盆地东部凹陷辉绿岩的岩性、岩相和测井识别特征,实现钻井约束-地震填图,探索辉绿岩的空间分布与成藏规律。辉绿岩具全晶质似斑状结构,斑晶为斜长石和单斜辉石,有效储集空间以次生溶蚀孔缝为主。辉绿岩可分为中心和边缘两类亚相,其中有利的储层主要发育在边缘亚相。测井特征呈现高阻、低声波时差的平滑或微齿化曲线,地震反射特征为强振幅、中-低频、同相轴连续性较好。纵向上辉绿岩主要分布在沙河街组三段(沙三段)和沙河街组一段(沙一段),岩体存在顺层和穿层两种原始侵入产状,以及碟状与断块两种后期改造形式。辉绿岩的分布受主干走滑断裂(驾掌寺和驾东断裂)控制,有单侧和双侧两种侵入方式,侵入距离为1 375~5 625 m(平均为2 572 m),岩体厚度为49~165 m(平均为112 m)。通常辉绿岩体积越大,其上覆地层厚度越大。辉绿岩侵入时代为东营组晚期,是火山-热液作用的产物,流体-围岩相互作用形成的次生溶蚀孔隙是辉绿岩油气成藏的关键因素,“顶面成藏”是辉绿岩的主要成藏规律。

关键词:辉绿岩;成藏规律;火成岩储层;渐新统;辽河盆地

中图分类号:TE122.3 **文献标识码:**A

Oligocene diabase of Eastern Sag in Liaohe Basin, NE China: characteristics, identification and hydrocarbon accumulation

Sun Ang¹, Huang Yulong¹, Li Jun², Feng Yuhui¹, Wang Jianfei², Wang Pujun¹

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, Jilin 130061, China;

2. Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Liaohe Oilfield Company, Panjin, Liaoning 124010, China)

Abstract: Relationships between geology and logging/seismic responses were established for the study of diabase from Eastern Sag in Liaohe Basin based on 3 555 m logging intervals and core & cuttings of diabase from 41 wells and 560 km² 3D seismic data and observation of 86 thin sections acquired in the area. We investigated the lithology, lithofacies and logging identification features of the diabase, performed well data constraining-seismic mapping, and explored the spatial distribution and hydrocarbon accumulation regularity of the rock. Diabase has wholly crystalline porphyritic-like texture with phenocrysts of plagioclase and clinopyroxene. The effective reservoir space in the rocks is mainly secondary dissolved pores and fractures. Diabase can be divided into two sub-facies: centrality and border. High-quality reservoirs are inclined to be distributed in border sub-facies. The rocks display themselves as smooth or slight sawtooth logs with high resistivity and low interval transit time, and seismic reflectance signatures of high amplitude, middle- to low-frequency and fine continuity of events. Vertically, the diabase was shown to be mainly distributed in the first and third members of the Shahejie Formation. The rock shows two kinds of original invasion occurrence, namely layer-parallel and translayer invasion and two types of later transformation, i. e. saucer-shaped and fault-block transformation. Distribution of the diabase was mainly controlled by the main strike-slip fault (Jiazhangsi fault and Jiadong fault) of two intrusive manners associated with faulting of unilateral and bilateral invasion. The invasion distance were measured to be 1 375 m to 5 625 m and averaged at 2 572 m and thickness of the intrusions was 49 m to 165 m (averaged 112 m). Generally, larger volume of diabase means larger thickness of overlying strata. The intrusive age of diabase is dated back to late Dongying period as the result of volcanic-hydrothermal effects. Secondary pores caused by fluid-rock interaction is suggested to be a critical factor for the formation of diabase reservoirs and “interface reservoirs” is proposed to be the main reservoiring pattern of the rock.

Key words: diabase, hydrocarbon accumulation pattern, igneous reservoir, Oligocene, Liaohe Basin

收稿日期:2015-03-30;修订日期:2016-04-05。

第一作者简介:孙昂(1988—),男,博士研究生,油气地质和地球物理。E-mail:sunangju@163.com。

通讯作者简介:黄玉龙(1982—),博士、讲师,油气储层地质和火山地质。E-mail:long@jlu.edu.cn。

基金项目:国家基础研究发展计划(973计划)项目(2012CB822002);国家自然科学基金项目(41202085,41472304);中国石油股份有限公司项目(2012E-3001)。

火成岩在油气的生成、运移和聚集的全过程都能发挥重要的作用^[1-4]。从火山岩到侵入岩,各种类型的火成岩都可以形成好的储层^[5]。国内的一些含油气盆地发现了辉绿岩油气藏,证实辉绿岩侵入体可以成为良好的储层,也可以对油气成藏产生积极影响。例如,山东沾化凹陷的辉绿岩裂缝型储层^[6],苏北盆地辉绿岩侵入影响油藏的形成^[7],高邮凹陷中辉绿岩对成藏环境的改造^[8],辽河油田东部凹陷发现辉绿岩油气藏^[9]。其中,沾化凹陷罗151井和罗151-4井辉绿岩段试油分别为75 t/d和130 t/d,辽河油田东部凹陷Y68井辉绿岩段试油55 t/d等均证实辉绿岩侵入体可以成为较好的勘探目标。前人就辽河盆地东部凹陷辉绿岩侵入时代及储集空间已经进行了论述^[10-11],而对辉绿岩分布规律、识别标志和成藏特征等方面缺少关注。本文通过单井岩性分析,测井曲线分析,利用辉绿岩地震反射特征,揭示本地区辉绿岩发育特征,指出辉绿岩空间分布与断裂关系,探索辉绿岩的成藏特点。

1 辉绿岩产状和岩石学特征

本地区辉绿岩主要发育在沙(沙河街组)三段和沙一段中,侵入时代为渐新世(东营组沉积期),侵入体通常以顺层和穿层形式产出。辉绿岩岩心主要呈灰黑色、灰绿色,块状构造和气孔-杏仁构造,可发育裂缝和溶蚀缝,部分见钙质充填其中。通过镜下观察,主要矿物有斜长石、辉石等,可见辉石多呈他形,斜长石多较自形,辉石充填在斜长石的格架中构成辉绿结构(图1a)。由于岩浆冷凝过程中常伴随挥发分的溢出,故辉绿岩岩心可见气孔-杏仁构造,镜下可见气孔(图1b)。溶蚀缝则一般呈蛇曲状,边缘不规则,常见方解石和沸石充填(图1c)。由于地层水和有机酸的溶解作用,辉绿岩常发育溶蚀孔,镜下可以看到溶蚀矿物假象(图1d)。火成岩储层是由孔隙、裂缝及晶洞构成的双孔或多孔介质非均质性储层^[12],这一特点在辉绿岩有所体现。目前来看,辉绿岩储层至少包括溶蚀孔、溶蚀缝和构造缝这几种储集空间类型。辉绿岩储集性能受次生成岩作用影响较大,这种次生改造往往是决定火成岩储集层有效性的关键因素。辉绿岩的次生成岩作用主要表现为充填作用和溶解作用。前者可以充填孔隙使得储层物性变差,后者则可以开启部分次生孔隙^[13-15],图1c和图1d分别表现了次生成岩作用的这种双重效果。

2 辉绿岩侵入体识别

2.1 测井识别

统计了本区11口井的测井曲线值(表1),密度测

井、声波时差测井和深双侧向电阻率测井对辉绿岩的识别有重要作用。辉绿岩测井响应的总体特征是电阻率呈高值,曲线呈低幅箱形-钟形,声波时差呈低值,曲线呈低幅箱形-齿形,密度呈高值,曲线呈低幅箱形-齿形。辉绿岩侵入体属于火成岩岩相中的侵入相,侵入相可以分为中心亚相和边缘亚相^[16]。边缘亚相的地质特征是:一般厚度较小,由于岩浆与围岩接触,热量易于散失,炽热的岩浆侵入围岩时温度骤然下降,导致冷凝速度快,所以矿物的结晶程度差,易于产生冷凝收缩缝。由于存在大量裂缝,外部流体容易进入边缘亚相,与外界便于物质交换,所以边缘亚相容易遭受后期的溶蚀改造,岩体中矿物也容易发生蚀变。中心亚相的地质特征是:厚度明显大于边缘亚相,处于中心的岩浆由于不与围岩直接接触,冷凝速度慢,矿物结晶程度相对较好。中心亚相裂缝不发育,岩石较致密,并且蚀变和溶蚀现象都较少。

以上不同亚相间辉绿岩的地质特征差异导致它们的测井响应特征也有所区别。边缘亚相声波时差曲线、电阻率曲线齿化明显,而中心亚相这两类测井曲线则较平滑。边缘亚相电阻率值低于中心亚相的电阻率值,边缘亚相的声波时差值大于中心亚相的声波时差值(图2)。这是由于边缘亚相冷凝收缩缝和溶蚀孔发育,易于流体充填,从而导致边缘亚相的电阻率值低、声波时差值偏高。火成岩储集层物性主要与相带有关^[17],辉绿岩储层也主要受岩相控制。辉绿岩边缘亚相虽然厚度较薄,但物性往往较好,从测井曲线上识别出边缘亚相对寻找有利储层有着积极意义。

2.2 地震识别

辉绿岩的密度和声波速度均较大,平均密度为 2.6 g/cm^3 ,声波速度通常在 $5\,000\text{ m/s}$ 以上,所以辉绿岩侵入体与围岩可以形成较大的波阻抗差异。辉绿岩的地震反射特征为强振幅,中-低频,同相轴连续性较好。地震相分析是地震火山地层学研究的重要手段^[18-20]。由于辉绿岩通常表现为明确的几何形态,并表现为地震强反射,所以地震相分析常适用于侵入体的刻画^[21-23]。通过地震剖面的追踪,发现本地区辉绿岩侵入体的地震相主要可以分为以下四类:穿层(图3a)、顺层(图3b)、碟状(图3c)和断块状(图3d)。前两种代表原生侵入特征,后两者属于改造后的产状。穿层的辉绿岩岩体与围岩存在明显的角度不整合,并且以指形尖灭。它的侵入过程是岩浆以穿切地层的次级断裂为通道侵入地层,最终凝固固结而形成。顺层的辉绿岩岩体与围岩产状一致,它的侵入过程是岩浆以岩性界面为通道侵入地

层,最终凝固结形成与上下地层平行产出的岩席。 关。 碟状辉绿岩的形成与断层相关褶皱有关,断块 碟状形态与断块状形态的辉绿岩主要与断层活动有 状辉绿岩是受到后期断层改造而形成的。

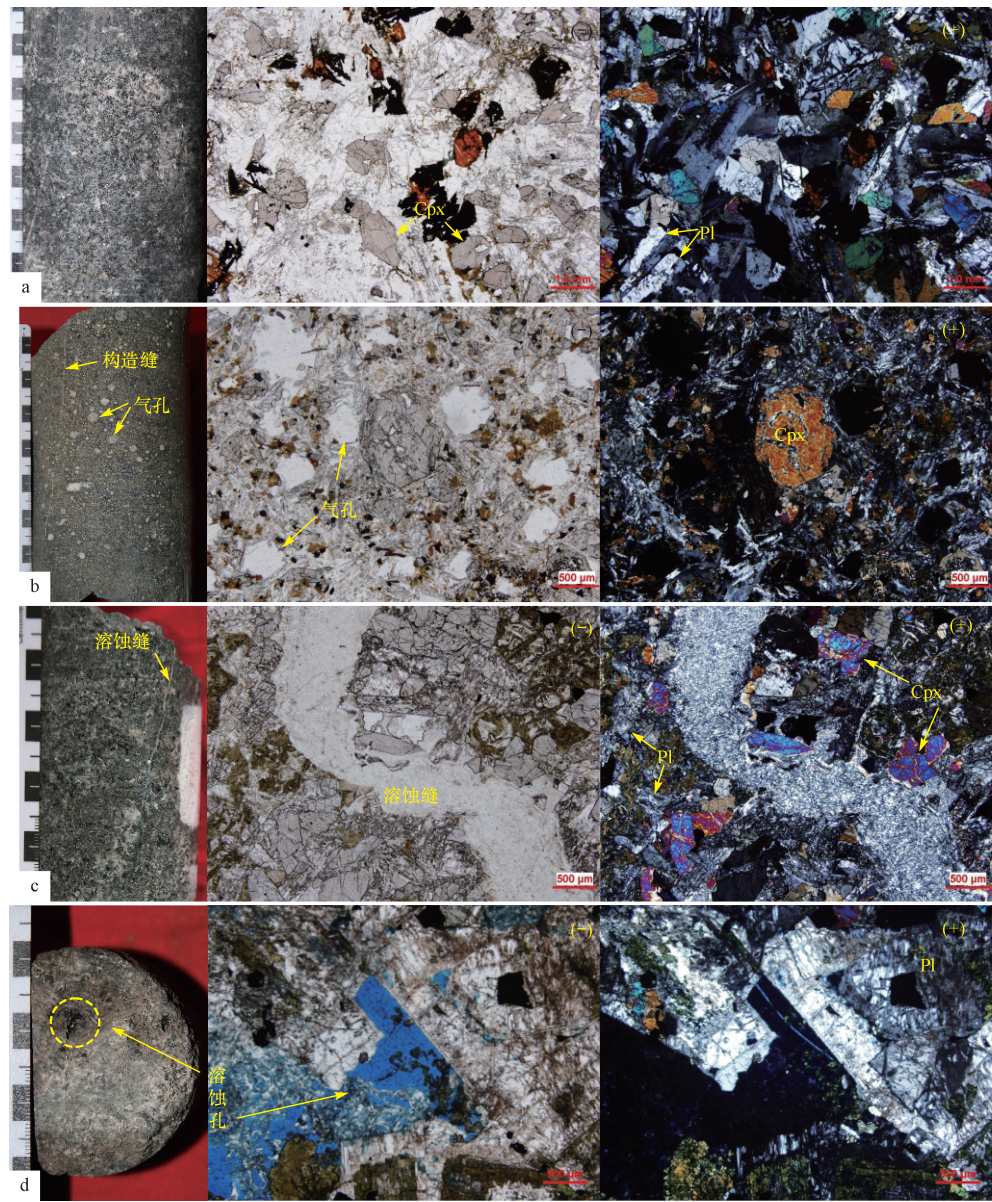


图 1 辽河盆地东部辉绿岩岩石学特征

Fig. 1 Petrological characteristics of diabase from Eastern Sag in Liaohe Basin
a. 辉绿结构, Jia5 井, 埋深 1 728 m; b. 气孔 - 杏仁构造, H95 井, 埋深 2 650 m;
c. 溶蚀缝, Y69 井, 埋深 3 921 m, 被沸石充填; d. 溶蚀孔, Jia26 井, 埋深 2 326 m
(注: 岩心照片(左), 单偏光(中), 正交偏光(右)。Pl. 斜长石; Cpx. 单斜辉石。)

表 1 辽河盆地东部凹陷辉绿岩测井响应参数

Table1 Logging response statistics of diabase from Eastern Sag in Liaohe Basin

井号	Ho15	Ho16	Ho22	Ho28	X42	H85	H95	Y57	Y59	Y58	Jia28	平均值
DEN/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	2.4	2.5	2.6	2.5	2.7	2.7	2.7	2.5	2.6	2.5	2.9	2.6
AC/($\mu\text{s} \cdot \text{ft}^{-1}$)	53.6	51.8	56.2	58.5	56.1	51.9	55.9	52.7	54.4	63.0	50.4	55.0
GR/API	89.3	72.0	78.1	74.9	70.9	63.4	45.7	74.0	77.3	76.4	68.7	71.9
RLLD/($\Omega \cdot \text{m}$)	1 468.4	4 552.2	1 995.8	1 234.5	2 171.3	1 886.0	2 218.0	6 217.9	3 474.3	3 823.9	3 277.6	2 938.2

注: DEN. 密度测井; AC. 声波时差; GR. 自然伽马; RLLD. 深双侧向电阻率。

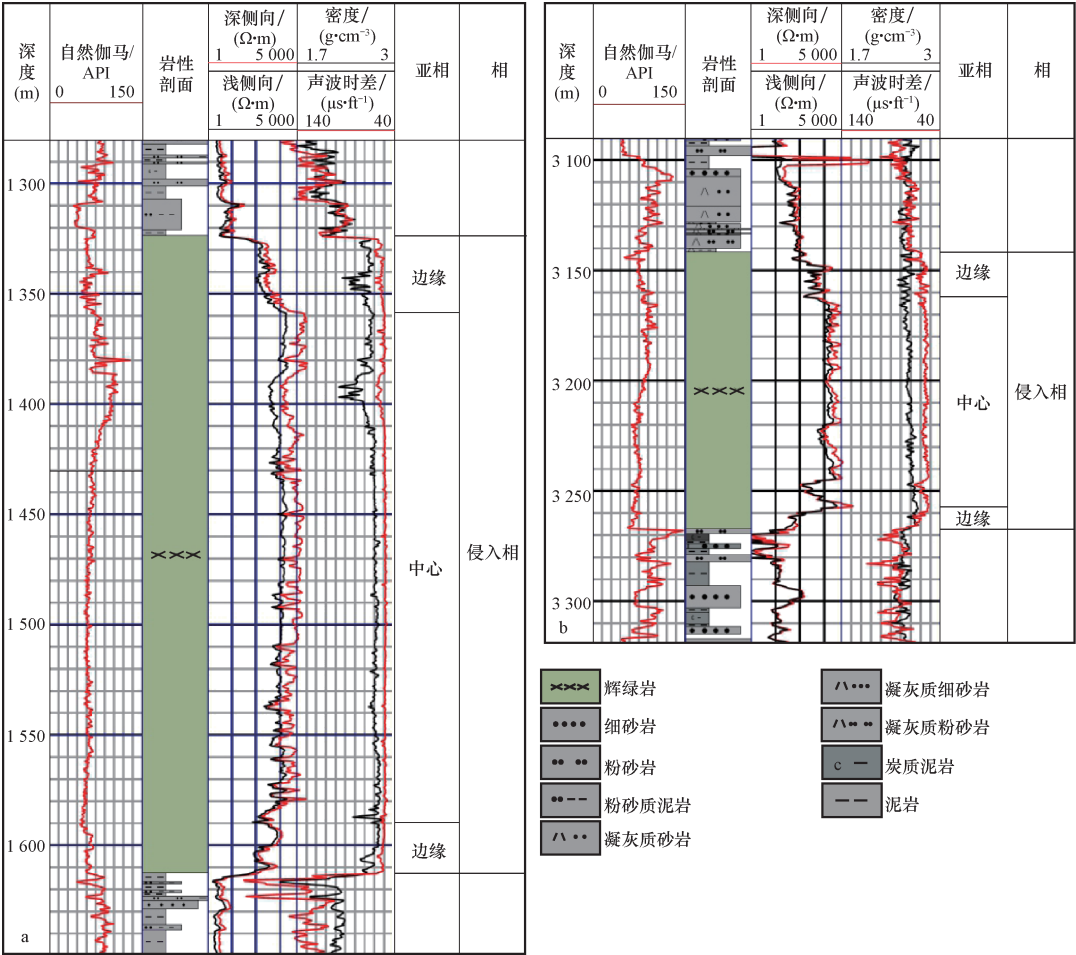


图 2 辽河盆地东部辉绿岩岩相序列和测井曲线特征
Fig. 2 Lithofacies sequence and characteristics of logging curves for diabase from Eastern Sag in Liaohe Basin
a. Jia28 井;b. Ho22 井

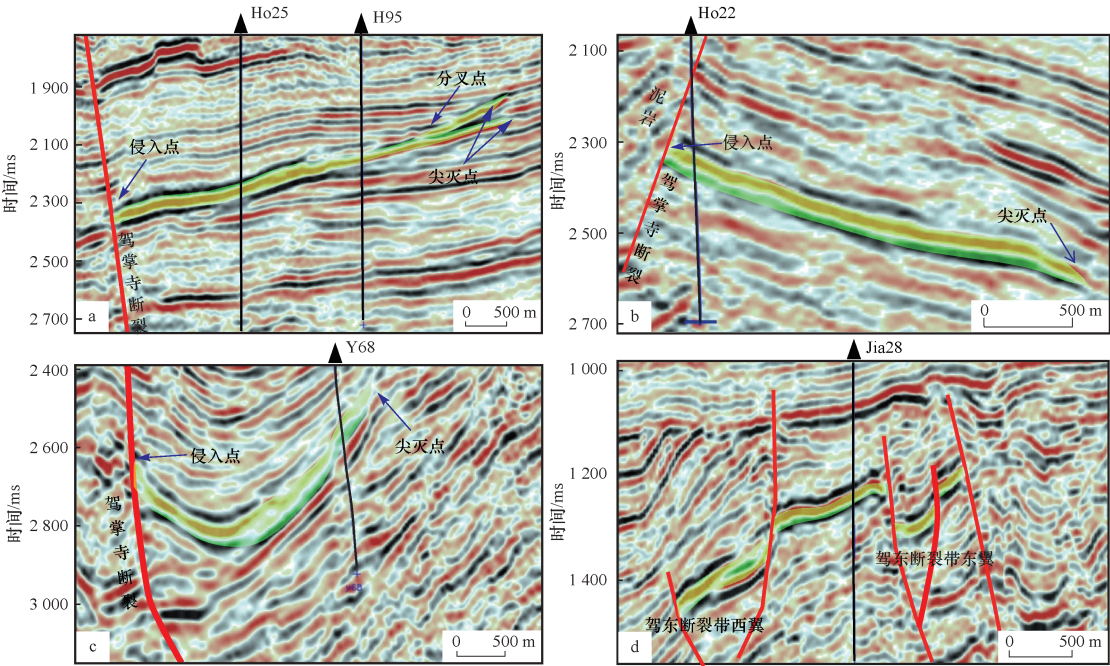


图 3 辽河盆地东部辉绿岩侵入体产状及其地震相特征
Fig. 3 Occurrence and seismic facies of diabase from Eastern Sag in Liaohe Basin
(注:a,b,c 和 d 分别为 T3515 测线、L3866 测线、L4254 测线和 L4241 测线。)

3 讨论

3.1 辉绿岩分层系填图方法

辉绿岩作为重要的盆地充填和储层类型,油气勘探中需要弄清其空间展布特征,因而需要进行三维地质填图。辉绿岩侵入体与断裂的关系也需要通过填图来揭示。因此,在已经掌握了辉绿岩的地质特征和地球物理识别特征后,按沙三段和沙一段两个层位对辉绿岩侵入体进行了填图。

基于本区辉绿岩岩矿、测井、地震特征和识别辉绿岩相关标志,从单井出发,按照点到线再到面的方式,对辉绿岩进行填图。具体地说,“点”就是通过镜下薄片鉴定,测井响应特征分析,对录井的岩性进行验证,并且确定了单井辉绿岩岩性段的顶深和底深。“线”就是通过地震合成记录标定,将单井的辉绿岩顶界面位置标定在地震时间剖面上,随后按照辉绿岩相关地震反射特点和地震相特征,在地震剖面上对辉绿岩进行追踪。“面”就是从主测线和联络测线两个方向,每隔5条测线对辉绿岩进行追踪,最终形成网格面。经过上述“点线面”的过程,最终得到了辉绿岩侵入体的平面分布范围。辉绿岩侵入体总面积为81.1 km²,沙三段辉绿岩侵入体面积为38.2 km²,沙一段辉绿岩侵入体面积为42.9 km²。

3.2 辉绿岩侵入体与断裂及岩浆成分关系

辉绿岩侵入体的分布主要受驾掌寺断裂和驾东断裂控制(图4,图5),辉绿岩的侵入时代为东营期(晚渐新世),主要分布在沙三段和沙一段。在沙三段,沿驾掌寺断裂走向单侧分布了3个岩体,沿驾东断裂走向两侧分布了1个岩体。在沙一段,沿驾掌寺断裂走向单侧分布了2个岩体,沿驾东断裂走向两侧分布了1个岩体。在辉绿岩的地震追踪过程中,发现驾掌寺断裂控制的岩体以顺层原始侵入(Ho22-Ho28岩体、H86-Ho17岩体)、穿层原始侵入(H95-Jia602岩体)和碟状改造侵入3种形式产出(Y68-Jia26第一、第二套岩体),而驾东断裂控制的岩体均以断块状后期改造形式产出。

根据相邻测线间距为25 m,经测算得出了辉绿岩在垂直于断层走向方向的侵入距离(表2)。通过分析,发现辉绿岩的侵入距离与厚度存在相关性。当侵入距离较小时(<2 500 m),侵入距离与厚度呈正相关。当侵入距离较大时(>2 500 m),侵入距离与厚度呈负相关。通过岩浆化学成分对比分析,发现该现象与岩浆自身性质有关。实验岩石学资料证实,在同一SiO₂含量范围内,碱度越大,岩浆黏度越小^[24]。辉绿岩岩石地球化学分析结果显示,本区侵入距离较小的辉绿岩体全碱(Na₂O+K₂O)百分含量较低。这类岩浆

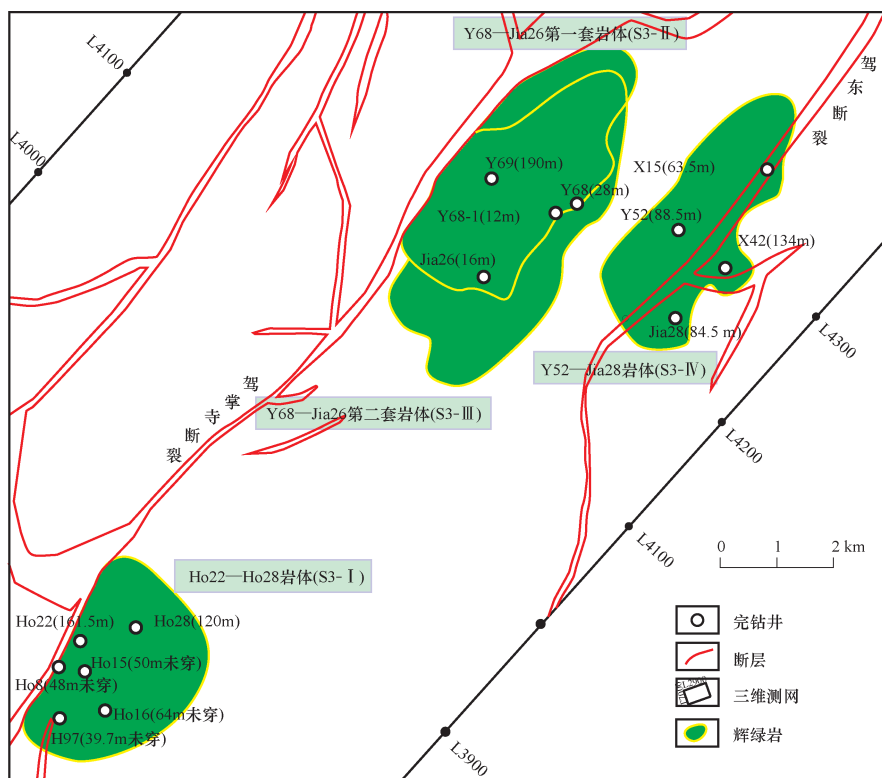


图4 辽河盆地东部凹陷东营期(晚渐新世)辉绿岩侵入到沙三段(晚始新世)中的平面分布及其与断裂关系

Fig. 4 Distribution of diabase intruding into the third member of the Shahejie Formation (Late Eocene) in Dongying period (Late Oligocene) and its relationship with faults in Eastern Sag of Liaohe Basin
(注:井号后为钻遇辉绿岩厚度)

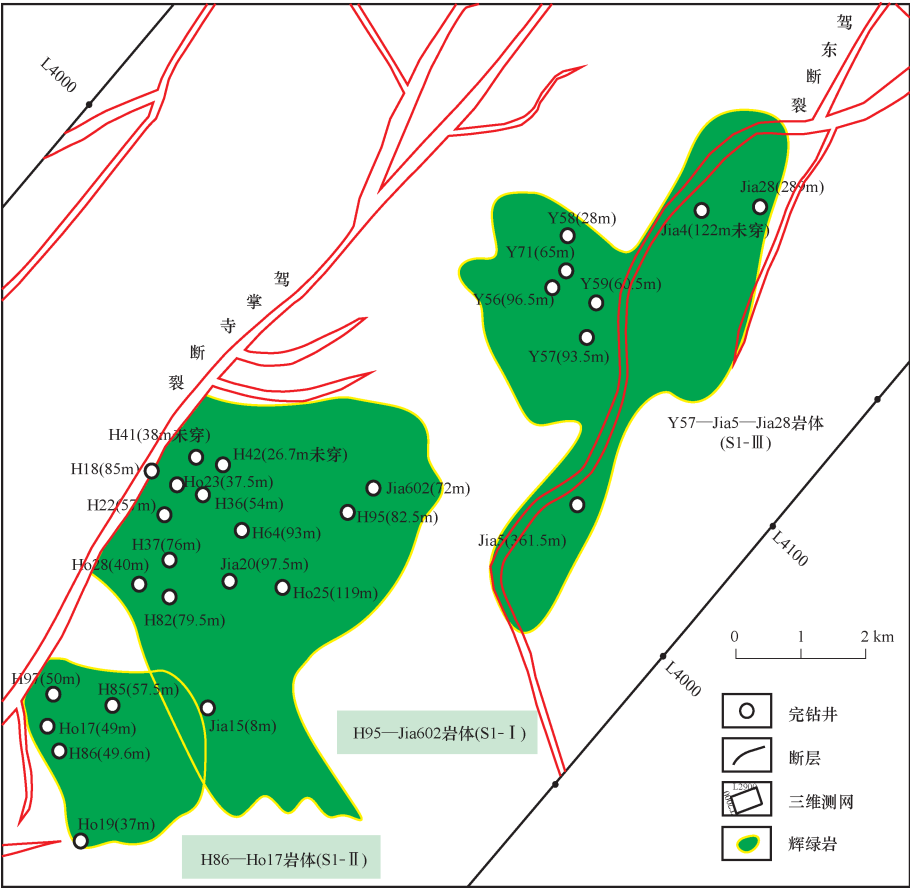


图 5 辽河盆地东部凹陷东营期(晚渐新世)辉绿岩侵入到沙一段(早渐新世)中的平面分布及其与断裂关系
Fig. 5 Distribution of diabase intruding into the first member of the Shahejie Formation (Early Oligocene) in Dongying period (Late Oligocene) and its relationship with faults in Eastern Sag of Liaohe Basin
(注:井号后为钻遇辉绿岩厚度。)

表 2 辽河盆地东部凹陷红杏一小龙湾地区辉绿岩侵入距离
Table 2 Intruding distance of diabase in Hongxing-Xiaolongwan area of Eastern Sag in Liaohe Basin

侵入层位	岩体	侵入方向	侵入距离				岩体面积/ km ²	岩体厚度/m (统计所用井数)	岩体体积/km ³ (面积×厚度)	辉绿岩侵入时期 上覆地层厚度/m (统计所用井数)
			联络测线 (起始)	联络测线 (终止)	测线 差	距离/ m				
沙三段	S3 - I	东侧	3410	3515	105	2 625	7.7	141 (2)	1.1	1 946.3 (6)
	S3 - II	东侧	3390	3475	85	2 125	9.2	165 (3)	1.5	2 253.0 (3)
	S3 - III	东侧	3390	3503	113	2 825	13.4	122 (2)	1.6	2 466.3 (3)
	S3 - IV	西侧	3530	3590	60	1 500	7.9	93 (4)	0.73	774.3 (4)
		东侧	3555	3610	55	1 375				
沙一段	S1 - I	东侧	3420	3645	225	5 625	20.2	69 (13)	1.4	1 555.7 (15)
	S1 - II	东侧	3460	3558	98	2 450	6.1	49 (5)	0.3	1 791.6 (5)
	S1 - III	西侧	3480	3590	110	2 750	16.6	142 (7)	2.4	751.8 (8)
		东侧	3545	3620	75	1 875				

的粘度相对较大,岩浆的流变性差。这会增大岩浆与通道岩石的摩擦力,降低岩浆的流动能力^[25]。本区侵入距离与岩体厚度呈正比的现象(图 6a)可能是岩浆全碱含量低造成的。与之相对的是,侵入距离较大的辉绿岩全碱含量较高,岩浆的粘度相对较低,岩浆流动性强,侵入地层时岩浆流动层薄,流速较快,因此造成了岩浆侵入距离较远且侵入距离常与岩体厚度呈反比的现象(图 6b)。值得指出的是,具有同种成分的 S1 - III 岩体向断层东西两侧侵入,西侧侵入距离大(2 750

m)、与岩体厚度负相关;而东侧侵入距离小(1 875 m)、与岩体厚度正相关。这说明岩浆成分只是影响其就位状态的重要或主要因素之一。

3.3 辉绿岩侵入体与上覆地层厚度关系

侵入体体积与辉绿岩侵入时期上覆地层厚度(东营组顶面到辉绿岩顶面的距离)存在较好的线性正相关性。即岩浆侵入时期侵入体体积越大,上覆地层厚度越大(图 6c)。这说明大型岩体趋向于在地下较深

处就位。这可能是深部地层压力较大,岩浆上升阻力大、运移较慢,因此有更多机会得到持续补给,趋向于较大的体量聚集。反之,浅部地层压力较小,上升岩浆不能得到有效补给,故侵入地层岩浆体积会较小。同时,图中也显示了两个例外情况,它们所代表的是本区辉绿岩岩体体积最大值和最小值的两个极端情况。其中,上覆地层厚度小而辉绿岩体积大的异常高点(2.4 km³的岩体),可能由于岩浆温度较高和/或裂隙较发育,致使大体量岩浆迅速向上运移并于较浅层聚集所致。而异常低点,即上覆地层厚、岩体较小者(0.3 km³的岩体),可能由于岩浆温度较低和/或裂隙不够发育,岩浆易于滞留在深部地层中形成规模较小岩体。综合以上分析,岩浆侵入就位是一个复杂的地质过程,大型(走滑)断裂活动是其直接控因。同时,这一过程还受岩浆自身性质(成分、温度、粘度或流变性等)、侵入时上覆地层厚度或温压条件以及岩浆供给量和裂隙发育情况等多种因素影响。

3.4 辉绿岩侵入体“顶面成藏”效应

本地区辉绿岩油气藏主要发育在 S3 - II 岩体,该岩体位于沙三段且受驾掌寺断裂控制,油气藏含油面积 9.2 km²,已提交预测储量数百万吨。从已知油气藏分布来看,辉绿岩侵入体通常表现为“顶面成藏”特点。其成藏规律性主要表现为,当纵向上发育两套或多套侵入体上下叠置时,往往趋向于在上部岩体成藏。对于单一侵入体厚度较大(≥50 m)时,往往在该侵入体上部成藏。而当岩体厚度小于 50 m 时,岩体整体可成藏。无论对于以上情况的哪一种,位于岩体顶部的边缘亚相通常都是最有利的成藏部位(图 7)。下面从储层特征和成藏要素综合分析两方面讨论顶面成藏的原因。

通过岩心薄片和测井资料综合分析笔者认为,辉绿岩“顶面成藏”效应主要受三方面因素的综合控制。①辉绿岩界面处易发育原生的冷凝收缩缝,由于易遭受次生改造,界面处还易发育次生的溶蚀孔(图 1d),因此辉绿岩界面处的储集性能优于岩体内部。②辉绿

岩侵入体本身就是断裂或地层侵入不整合的表现。岩体与围岩界面属于断层面或地层不整合面。由于它们通常与主干断裂相连,因此构造缝和构造-溶蚀缝以及相关微裂缝发育(图 1b,c)。故具备有效的油气运移通道,对油气的初次运移和二次运移都将发挥关键影响。③辉绿岩“顶面”为侵入体构造相对较高部位,往往为油气运移的指向区,有利于油气的聚集(图 3c)。以上三点导致侵入体“顶面”是成藏的有利部位。

从地层序列和生储盖组合分析(图 7),岩浆侵入的沙三段泥岩普遍发育,为本区主力烃源岩层^[26],沉积环境以湖泊和沼泽为主^[27]。辉绿岩侵入时的地层性质对油气成藏产生了两方面积极影响。一是烃源岩,侵入体热效应及其与烃源岩的有效配置是成烃和成藏的有利因素^[28]。二是盖层条件。以现有钻井揭示情况而言,紧邻侵入体之上发育了一套平均厚度为 46 m 的碳质泥岩与煤互层的岩石组合。该套岩石组合作为盖层与侵入体顶面形成了良好的储盖组合关系,这对油气封堵和侵入体最终成藏应该起到了至关重要的作用。另外,由于侵入体上下以细碎屑岩为主,因此断层活动往往使得泥岩或相对致密的岩层就位至与侵入体相邻的断盘(图 3b),且侵入体与断层面相连。这样的地层与断裂组合关系会对侵入体中贮存的油气产生侧向封挡的作用,与前述侵入体上覆盖层一起,从上部 and 侧部双向避免了储层中形成的油气藏逸散。综上,辉绿岩侵入体“顶面”可以作为下一步的勘探领域。同时,还要考虑地层序列和断层改造-封堵效应。最有利的辉绿岩油气成藏条件通常为:①辉绿岩侵入到烃源岩发育的泥质岩序列中;②辉绿岩体经断层改造,同时断层面被泥质岩涂抹并具有侧向封堵能力;③上覆泥质岩盖层发育。

4 结论

1) 辉绿岩具全晶质似斑状结构,斑晶以斜长石和辉石为主,镜下呈辉绿结构。辉绿岩分布受驾掌寺断

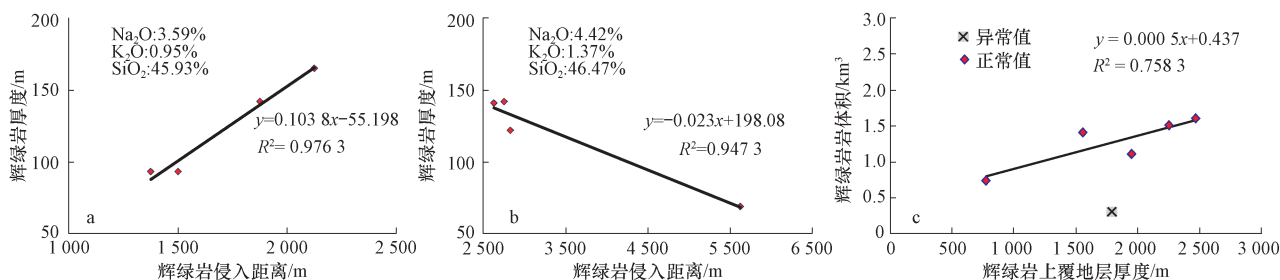


图6 辽河盆地东部凹陷辉绿岩侵入距离与厚度、体积与上覆地层厚度关系

Fig. 6 Relationship between intrusive distance and thickness of diabase & the relationship between the volume of diabase and the thickness of overlying strata in Eastern Sag of Liaohe Basin

a. 全碱含量较小,侵入距离较近(<2500 m),辉绿岩侵入距离与厚度呈正相关;b. 全碱含量较大,侵入距离较远(>2500 m),辉绿岩侵入距离与厚度呈负相关;c. 辉绿岩岩体体积与侵入时上覆地层厚度呈正相关

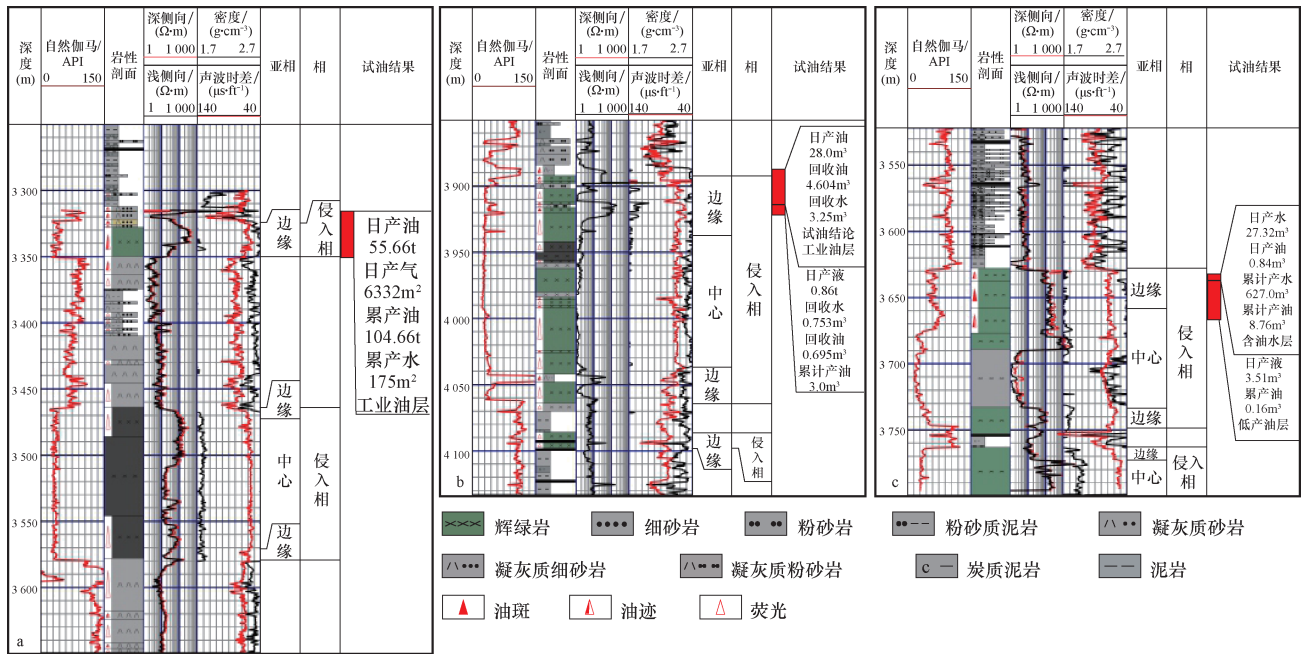


图7 辽河盆地东部凹陷辉绿岩边缘亚相的“顶面成藏”规律

Fig. 7 “Interface reservoir” of border sub-face of diabase in Eastern Sag of Liaohe Basin

a. Y68 井; b. Y69 井; c. Jia26 井

裂和驾东断裂控制。其中驾掌寺断裂控制的辉绿岩沿断裂东侧分布,驾东断裂控制的辉绿岩沿断裂东西两侧分布。辉绿岩的侵入距离为1 375~5 625 m。辉绿岩的侵入距离较小时(<2 500 m)时,侵入距离与厚度呈正相关,辉绿岩的全碱含量较低。辉绿岩侵入距离较大时(>2 500 m)时,侵入距离与厚度呈负相关,辉绿岩全碱含量较高。通常,辉绿岩体积越大其上覆地层厚度就越大;同时岩浆温度和围岩裂隙发育情况也会影响到岩浆的就位状态。

2) 辉绿岩整体上声波时差呈低值,密度呈高值,电阻率呈高值。辉绿岩边缘亚相较中心亚相的电阻率值低、声波时差值高。边缘亚相的声波时差曲线、电阻率曲线齿化明显,中心亚相的曲线则较平滑。辉绿岩地震反射特征表现为强振幅,中-低频,同相轴连续性较好。辉绿岩主要存在四种地震相,即穿层、顺层、碟状和断块状。穿层表现为原始沉积地层被侵入体穿切,后期没有发生大规模的褶皱,侵入体与原始地层呈角度不整合。顺层表现为侵入体和原始沉积产状一致,侵入体与围岩呈平行不整合状态。碟状表现为侵入体与围岩受到后期构造作用影响而发生褶皱,形成了向下弯曲的地层形态。断块状表现为侵入体遭受断裂改造而形成一系列大小不等、深浅不一的块体。

3) 辉绿岩侵入体顶面发育原生的冷凝收缩缝、次生的溶蚀孔和溶蚀缝,受附近主干断裂多期活动的影响构造缝亦发育,故辉绿岩“顶面”可以作为良好的储层。同时,辉绿岩层顶面往往为局部构造高位,且与上覆岩层物性差异较大,能形成有利的储盖配置,因此是

成藏的有力部位。另外,侵入体上部泥岩以及碳质泥岩夹煤层对储集层能构成有效封堵,也是形成辉绿岩油气藏的重要因素。

参 考 文 献

- [1] Wang P J, Chen S M. Cretaceous volcanic reservoirs and their exploration in the Songliao Basin, Northeast China [J]. AAPG Bulletin, 2015, 99(3): 499–523.
- [2] Chen Z, Yan H, Li J, et al. Relationship between Tertiary volcanic rocks and hydrocarbons in the Liaohe Basin, People's Republic of China [J]. AAPG Bulletin, 1999, 83(6): 1004–1014.
- [3] Lenhardt N, Götz A E. Volcanic settings and their reservoir potential: An outcrop analog study on the Miocene Tepoztlán Formation, Central Mexico [J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2011, 204(1): 66–75.
- [4] Witte J, Bonora M, Carbone C, et al. Fracture evolution in oil-producing sills of the Río Grande Valley, northern Neuquén Basin, Argentina [J]. AAPG Bulletin, 2012, 96(7): 1253–1277.
- [5] 赵海玲, 刘振文, 李剑, 等. 火成岩油气储层的岩石学特征及研究方向[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(6): 609–613.
Zhao Hailing, Liu Zhenwen, Li Jian, et al. Petrologic characteristics of igneous rock reservoirs and their research orientation [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(6): 609–613.
- [6] 邱隆伟, 席庆福, 刘魁元. 山东沾化凹陷罗151井区隐伏辉绿岩的产状及岩相带划分[J]. 岩石学报, 2000, 16(3): 413–419.
Qiu Longwei, Xi Qingfu, Liu Kuiyuan. A study on attitude of insidious diabase and its lithoface zone in Luo 151 well field in Zhanhua depression, Shandong [J]. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16(3): 413–419.
- [7] 王保如, 祁德清, 汪恩华, 等. 苏北盆地辉绿岩、蚀变带特征及其与油气的关系[J]. 西安石油学院学报: 自然科学版, 2001, 16(6): 5–7.

- Wang Baoru, Qi Deqing, Wang Enhua, et al. Characteristics of the Diabase and Altered Zone in BXP area of Subei basin and relationship between the Diabase and the formation of hydrocarbon reservoir [J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2001, 16(6): 5-7.
- [8] 毛凤鸣. 高邮凹陷北斜坡辉绿岩形成时期的确定及其与油气关系[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(6): 19-20.
- Mao Fengming. Determination of the forming time of diabase in the north slope of Gaoyou Sag and its relationship with Oil and Gas [J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(6): 19-20.
- [9] 李军, 杨光达, 方炳钟, 等. 辽河油田火成岩油气藏勘探研究现状[J]. 石油天然气学报, 2012, 34(7): 45-52.
- Li Jun, Yang Guangda, Fang Bingzhong, et al. Research status of exploration of igneous reservoir in Liaohe oil field [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2012, 34(7): 45-52.
- [10] 李军, 邵龙义, 时林春, 等. 辽河拗陷东部凹陷辉绿岩油气藏储集特征[J]. 地质科技情报, 2013, 32(1): 119-124.
- Li Jun, Shao Longyi, Shi Linchun, et al. Features of Diabase reservoirs in the eastern sag of Liaohe depression [J]. Geological Science and Technology Information, 2013, 32(1): 119-124.
- [11] 杨光达. 辽河拗陷东部凹陷火成岩形成与分布的控制因素[J]. 新疆石油地质, 2009, 30(5): 576-578.
- Yang Guangda. The control factors of igneous rocks formation and distribution in Dongbu sag in Liaohe depression [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(5): 576-578.
- [12] 王岩泉, 胡大千, 蔡国刚, 等. 辽河盆地东部凹陷火山岩储层特征与主控因素[J]. 石油学报, 2013, 34(5): 896-904.
- Wang Yanquan, Hu Daqian, Cai Guogang, et al. Characteristics and controlling factors of Cenozoic volcanic reservoirs in Liaohe Basin, NE China [J]. Acta Petroli Sinica, 2013, 34(5): 896-904.
- [13] 高有峰, 刘万洙, 纪学雁, 等. 松辽盆地营城组火山岩成岩作用类型, 特征及其对储层物性的影响[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2008, 37(6): 1251-1258.
- Gao Youfeng, Liu Wanzhu, Ji Xueyan, et al. Diagenesis types and features of volcanic rocks and its impact on porosity and permeability in Yingcheng Formation, Songliao Basin [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2008, 37(6): 1251-1258.
- [14] 罗静兰, 林潼, 杨知盛, 等. 松辽盆地升平气田营城组火山岩岩相及其储集性能控制因素分析[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(6): 748-757.
- Luo Jinglan, Lin Tong, Yang Zhisheng, et al. Lithofacies and reservoir quality control factors of volcanics in the Yingcheng Formation in the Shengping gas field in the Songliao Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(6): 748-757.
- [15] 刘万洙, 王璞珺, 门广田. 松辽盆地北部深层火山岩储层特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 28-31.
- Liu Wanzhu, Wang Pujun, Men Guangtian, et al. Characteristics of deep volcanic reservoirs in Northern Songliao Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(1): 28-31.
- [16] 黄玉龙, 单俊峰, 边伟华, 等. 辽河拗陷中基性火成岩相分类及储集意义[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(6): 671-680.
- Huang Yulong, Shan Junfeng, Bian Weihua, et al. Facies classification and reservoir significance of the Cenozoic intermediate and mafic igneous rocks in Liaohe Depression, East China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2014, 41(6): 671-680.
- [17] 赵文智, 邹才能, 冯志强, 等. 松辽盆地深层火山岩气藏地质特征及评价技术[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(2): 129-142.
- Zhao Wenzhi, Zou Caineng, Feng Zhiqiang, et al. Geological features and evaluation techniques of deep-seated volcanic gas reservoirs, Songliao Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(2): 129-142.
- [18] 王璞珺, 张功成, 蒙启安, 等. 地震火山地层学及其在我国火山岩盆地中的应用[J]. 地球物理学报, 2011, 54(2): 597-610.
- Wang Pujun, Zhang Gongcheng, Meng Qian, et al. Applications of seismic Volcanostratigraphy to the volcanic rifted basins of China [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2011, 54(2): 597-610.
- [19] 唐华凤, 李瑞磊, 吴艳辉, 等. 火山地层结构特征及其对波阻抗反演的约束[J]. 地球物理学报, 2011, 54(2): 620-627.
- Tang Huafeng, Li Ruilei, Wu Yanhui, et al. Textural characteristics of volcanic strata and its constraint to impedance inversion [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2011, 54(2): 620-627.
- [20] 冯玉辉, 黄玉龙, 丁秀春, 等. 辽河盆地东部凹陷中基性火山岩相地震响应特征及其机理探讨[J]. 石油物探, 2014, 53(2): 206-215.
- Feng Yuhui, Huang Yulong, Ding Xiuchun, et al. Relationship between intermediate-mafic volcanic facies and their corresponding seismic reflections: a case study from eastern depression of Liaohe Basin [J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2014, 53(2): 206-215.
- [21] Planke S, Rasmussen T, Rey S S, et al. Seismic characteristics and distribution of volcanic intrusions and hydrothermal vent complexes in the Vøring and Møre basins [C]//Geological Society, London, Petroleum Geology Conference series. Geological Society of London, 2005, 6: 833-844.
- [22] Hansen D M, Cartwright J. The three-dimensional geometry and growth of forced folds above saucer-shaped igneous sills [J]. Journal of Structural Geology, 2006, 28(8): 1520-1535.
- [23] Delpino D H, Bermúdez A M. Petroleum systems including unconventional reservoirs in intrusive igneous rocks (sills and laccoliths) [J]. The Leading Edge, 2009, 28(7): 804-811.
- [24] 卢良兆, 许文良. 岩石学 [M]. 北京: 地质出版社, 2011: 5-7.
- Lu Liangzhao, Xu Wenliang. Petrology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011: 5-7.
- [25] 罗照华, 刘嘉麒, 赵慈平, 等. 深部流体与岩浆活动: 兼论腾冲火山群的深部过程 [J]. 岩石学报, 2011, 27(10): 2855-2862.
- Luo Zhaohua, Liu Jiaqi, Zhao Ciping, et al. Deep fluids and magmatism: The deep processes beneath the Tengchong volcano group [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(10): 2855-2862.
- [26] 陈振岩, 吴文柱. 辽河盆地东部凹陷幕式成藏特征 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 32-35.
- Chen Zhenyan, Wu Wenzhu. Episodic Reservoiring features of eastern sag in Liaohe basin [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(1): 32-35.
- [27] 孙洪斌, 张凤莲. 辽河拗陷古近系构造-沉积演化特征 [J]. 岩性油气藏, 2008, 20(2): 60-65.
- Sun Hongbin, Zhang Fenglian. Structural-sedimentary evolution characteristics of Paleogene in Liaohe depression [J]. Lithologic Reservoirs, 2008, 20(2): 60-65.
- [28] 邹才能, 赵文智, 贾承造, 等. 中国沉积盆地火山岩油气藏形成与分布 [J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(3): 257-271.
- Zou Caineng, Zhao Wenzhi, Jia Chengzao, et al. Formation and distribution of volcanic hydrocarbon reservoirs in sedimentary basins of China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(3): 257-271.