

风化店中生界火山岩油藏特征及油源*

罗静兰, 张成立

(西北大学大陆动力学教育部重点实验室, 西北大学地质系, 陕西西安 710069)

摘要: 黄骅拗陷风化店中生界火山岩油藏的岩石类型主要为粗面英安岩、粗面岩及少量英安岩和粗面安山岩。火山岩可分为火山喷发相(包括火山爆发亚相和火山溢流亚相)及火山沉积相两个岩相带。位于不同岩相带的储层其储集物性不同, 火山爆发亚相是最有利的储集层段。火山岩所处的古地貌位置对其储集性也有较大的影响, 位于古构造高部位及转折部位的火山溢流亚相熔岩的上部是理想的油气储集层段。有机地化研究显示, 火山岩原油样品与孔店组二、三段泥岩抽提物的 TIC 图谱和饱和烃图谱十分相似, 原油甾烷和藿烷也与孔店组二段泥岩抽提物相似, 因此, 沧东拗陷中的烃源岩及火山岩上覆地层下第三系孔店组二段泥页岩为火山岩油藏的主要烃源岩。断裂为油气的运移起了输导作用。

关键词: 风化店; 火山岩油藏; 岩相与油气; 油气的来源与运移

第一作者简介: 罗静兰, 女, 45 岁, 教授, 石油地质学与岩石学

中图分类号: TE588.14

文献标识码: A

1 地质背景

风化店火山岩位于黄骅拗陷西南部的孔店隆起带, 夹持于沧县隆起与埕宁隆起之间。火山岩体西临沧东生油拗陷, 东接常庄生油拗陷。燕山期, 由于西太平洋板块的俯冲, 郯庐断裂带两侧地块受到挤压应力和左旋剪切力, 使得孔西构造带拱张破裂, 岩浆喷出地表, 形成该火山岩建造^[1]。火山岩形成之后至第三系沉积之前, 由于黄骅拗陷整体抬升, 火山岩暴露地表遭受风化剥蚀形成火山岩古地貌潜山; 之后盆地下降, 在此风化剥蚀面上接受了下第三系孔店组河流-湖泊相沉积。

风化店火山岩位于中生界顶部, 与上覆下第三系孔店组三段或二段(以下简称孔二、三段)碎屑沉积岩呈超覆不整合接触; 其下为一套早、中侏罗纪砂泥岩沉积。火山岩呈层状分布, 厚度 35~250 m。其间夹沉积岩和沉积火山岩夹层。火山岩的 Rb-Sr 等时线年龄及 Sm-Nd 等时线年龄分别为 123.78 Ma 和 128.2 Ma^[2], 时代为早白垩世。

区内发育两组断裂, 一组为 NE-SW 向主断裂, 延伸远(大于 5 km)、断距大(100~250 m)^[3], 该

组断裂包括风化店断裂、孔西断裂、枣 1537 断裂和枣 1507 断裂。其中孔西断裂和枣 1537 断裂将火山岩体切割成北部、中部和南部 3 个自然区块(图 1), 每一区块火山岩顶部及侧向上与孔店组三段或二段泥岩相接; 另一组为 NW-SE 向断裂, 其断距一般小于 100 m。

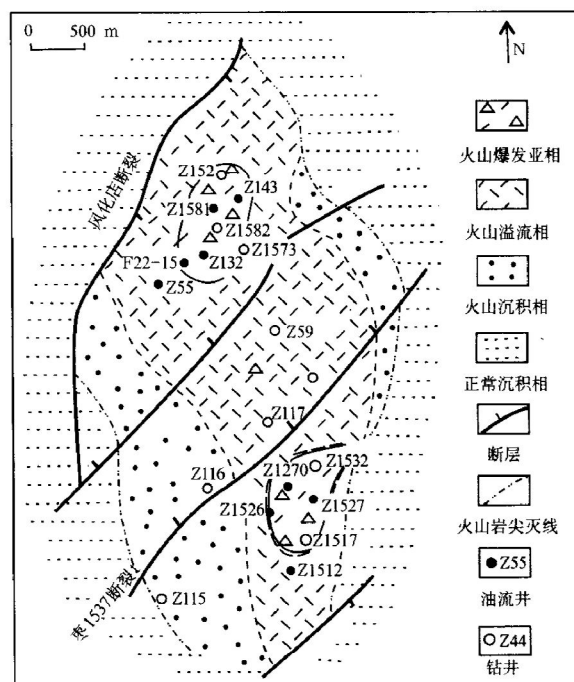


图 1 风化店火山岩岩相图

Fig. 1 lithofacies Diagram of volcanic rocks in Fenghuadian

* 国家自然科学基金(批准号: 40172055)资助项目成果
收稿日期: 2002-09-05

2 岩性、岩相与储集性

根据风化店火山活动特点、火山岩的产出形态及厚度、岩石类型及其分布规律,将该区火山岩及其相关岩石分布区划分为:(1)火山喷发相(又分为火山爆发亚相及火山溢流亚相);(2)火山沉积相,以及火山沉积相外围地区的正常沉积相。

火山爆发亚相由火山角砾岩和角砾熔岩组成,主要分布于火山喷发中心地带。火山溢流亚相主要为熔岩,包括流纹岩、粗面英安岩和粗面岩,少量粗面安山岩和英安岩。北部区以上4种岩石类型均有分布,岩性较复杂;南部区主要以流纹岩为主,岩性比较单一。火山沉积相包括凝灰质砂岩和凝灰质泥岩等,分布于火山岩体边缘地带。

位于火山爆发亚相带的岩石,由于爆发时的冲力将顶板及围岩破碎形成大量裂缝和裂纹。同时形成火山角砾岩及火山喷发宁静期的火山熔岩,火山角砾间孔和气孔等原生孔隙发育。另外,火山爆发亚相所处的位置正是该区古侵蚀高地,因此,遭受了较长时间和较强烈的风化淋滤作用,溶蚀孔(洞)和溶蚀裂缝发育,是最有利的储集地段。研究区高产油流井(F22-15, Z1582, Z55, Z1270-2, Z1517和Z1532等井)均位于此相带。

火山溢流亚相带岩石的储集物性在纵向上及横向上都表现出某些差异。由于喷发过程中气体在熔岩的上部聚集逃逸,熔岩上部的气孔比中、下部发育,同时由于次生溶蚀作用及风化作用强烈,风化裂缝及溶蚀孔缝也十分发育;冷凝收缩缝发育于每期喷发岩体的顶部且冷凝收缩缝切割深度小,在纵向上延伸不远。全直径岩样渗透率与裂缝孔隙度回归计算表明,火山岩的水平渗透率与裂缝孔隙度相关性明显,其相关系数为0.72,垂直渗透率与裂缝孔隙度相关性很小,其相关系数仅为0.16,说明微裂缝在纵向上的延伸长度小,而在横向上的延伸长度较大。以上种种原因,使得处于该带的多期火山岩的上部各类储集岩孔隙发育,孔隙的连通性好,成为良好的储集体。位于侵蚀高地和古侵蚀洼地过渡带上的火山岩,由于风化作用时间较长,次生溶蚀作用较强,溶蚀孔(洞)和风化裂缝也发育。此外,古侵蚀斜坡是该火山岩体的转折地带,为构造应力集中部位,构造裂隙十分发育,是良好的储集地带。勘探成果证实,初始产量大于30 t/d的中高产油井均分布在古侵蚀高地和古侵蚀斜坡

上。中部区为古侵蚀洼地,以风化产物的充填堆积为主,且风化作用的时间较古侵蚀高地和古侵蚀斜坡短,次生孔隙不发育,储集性较差。

火山沉积相多为薄的凝灰质火山岩或沉积凝灰岩夹于正常沉积岩系中,一方面由于火山熔岩层薄,原生气孔等不发育,另一方面位于古侵蚀洼地,次生溶蚀孔及风化裂缝不发育,储集性较差,是不利的储集地带。

3 油源及运移

烃源岩的有机地球化学研究表明,风化店火山岩中的原油样品(Z55, Z131井)和其上孔二、三段泥岩抽提物(Z43, Z56, Z23井)的饱和烃色质TIC图谱十分相似(图2);火山岩中原油样品(Z55井)与沧东坳陷中生界原油和孔二段油页岩抽提物(官103井)的饱和烃图谱也很相似(图3)。这种相似

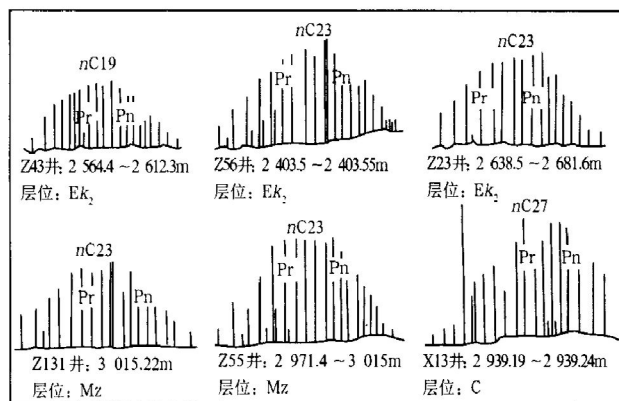


图2 火山岩中原油(Z55, Z131)及烃源岩抽提物(Z43, Z56, Z23)的饱和烃色质图

Fig. 2 Schematic chromatograms of saturated hydrocarbon from crude oil (Z55, Z131) in the volcanic rocks and rock extracts (Z43, Z56, Z23) in the source rocks

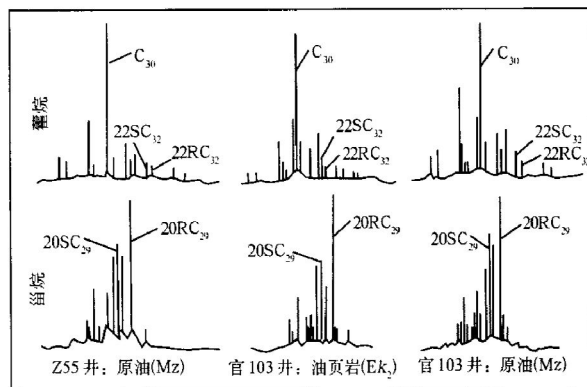


图3 火山岩中的原油(Z55)及沧东坳陷中烃源岩抽提物(官103)的饱和烃质量色谱图

Fig. 3 Mass chromatograms of saturated hydrocarbon from crude and the Eocene Kong-2 Member oil (Z55) in (EKs) source rocks

表现在主峰碳、姥鲛烷/植烷(Pr/Ph)比值、饱和烃含量都很接近。此外,原油的甾烷和藿烷也与孔二段泥岩抽提物相似(表 1)。相反,火山岩中原油的上述地化指标与石炭系烃源岩相差甚远(图 2 和表 1,X13 井)。沧东坳陷中的下第三系沉积厚度达 4 000 m,烃源岩厚度达 500~ 700 m。其中的孔二

段(Ek₂)和沙河街组三段(Es₃)、一段(Es₁)和东营组(E_d)烃源岩的干酪根分别为 I 型和 II 型(表 2)。因此,火山岩油藏的主要烃源岩来自风化店火山岩层之上及沧东坳陷中的孔二段泥岩,其次是孔三段,沙河街组三段和一段泥页岩也可能为风化店火山岩提供了一部分油源。

表 1 风化店及沧东坳陷中烃源岩的有机地化特征^[3]

井号 层位		烃类成分/ %				饱和烃气相色谱分析					
		饱和烃	芳香烃	非烃	沥青	主峰碳	OEP	(C ₂₁ + C ₂₂)/(C ₂₈ + C ₂₉)	Pr/Ph	Pr/nC ₁₇	Pr/nC ₁₈
Z55	Mz	58.67	18.45	13.28	6.64	C ₂₃	1.1	2.16	0.95	0.28	0.28
Z25	Ek ₂	56.09	18.04	16.30	1.3	C ₂₃	1.15	1.91	0.73	0.40	0.50
Z43	Ek ₂	55.62	13.68	12.46	9.73	C ₂₁	1.04	4.09	0.92	0.36	0.34
X13	C	69.71	13.69	12.45	5.39	C ₂₇	1.08	0.71	4.08	7.67	1.36

表 2 沧东坳陷中烃源岩的有机地化特征^[4]

地层	有机碳	沥青抽提	石蜡族烃	芳香烃	非烃+ 沥	总烃/ 10 ⁻⁶	干酪根类型
	/ %	物/ %	/ %	/ %	青质/ %		
Ek ₂	3.27	0.282	45.19	13.47	41.35	1 905	I
Es ₃	2.22	0.136	25.05	12.6	62.34	507	I
Es ₁	1.80	0.15	27.32	14.63	57.33	847	I
Ed	1.33	0.076	21.14	7.47	66.03	262	II

风化店火山岩中的断裂可能对油气的运移起了输导作用。NE - SW 向主断裂孔西断裂在中部区的位移大于 200 m, 此位移超过了孔三段的厚度, 因此, 造成火山岩之上的孔二段烃源岩在侧向上直接与火山岩储层接触, 使得孔二段烃源岩中的油气侧向运移进入火山岩中; 此外, 上覆孔店组由于泥岩压实等原因造成局部异常压力, 油气也可由

上往下运移进入火山岩中(图 4)。区内切割火山岩的 NE - SW 向断裂与规模较小的其他断层提供了油气运移的通道, 这些断裂于早第三纪开始活动。上第三系馆陶组沉积前是该区油气生成、运移和聚集的主要时期, 之后, 构造趋于稳定, 对火山岩油藏的保存极为有利*。

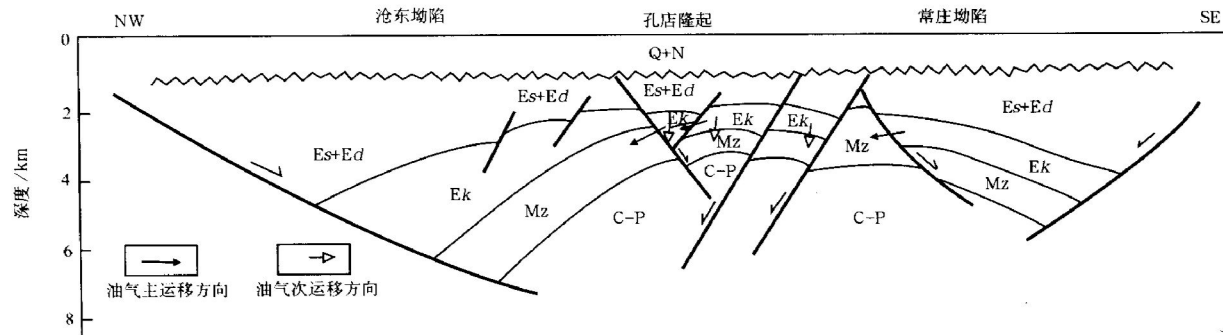


图 4 风化店火山岩油藏成藏解释模式

Fig. 4 pool- forming model of volcanic pools in Fenghuadian

* 张亚范. 风化店中生界火山喷溢相与次火山岩相油气储集初步探讨. 大港油田地质勘探开发研究报告集. 1989

参 考 文 献

- 1 罗静兰, 高知云. 河北风化店中生代火山岩的地球化学特征及其成因探讨[J]. 岩石学报, 1998, 14(1): 108~ 116
- 2 高知云, 章濂澄. 火成岩与油气藏[M]. 西安: 西北大学出版社, 1995
- 3 邓泽进. 黄骅坳陷中部风化店构造带中生界安山岩油藏的形成[M]. 北京: 石油工业出版社, 1990. 109~ 118
- 4 大港石油管理局. 中国石油地质志(大港油田), 第四卷[M]. 北京: 石油工业出版社, 1987

CHARACTERISTICS AND OIL SOURCE FOR MESOZOIC VOLCANIC POOLS IN FENGHUADIAN REGION

Luo Jinglan Zhang Chengli

(The Key Laboratory of Continental Dynamics, the Ministry of Education; Department of Geology, Northwest University, Xi'an)

Abstract: The Mesozoic volcanic rocks in Fenghuadian, Huanghua depression, mainly consist of rhyolites, trachydacites, trachytes and minor trachyandesites and dacites. Two lithofacies, volcanic explosion (including explosion and effusion subfacies) and volcanoclastic lithofacies can be distinguished. Reservoir in different lithofacies are characterized with different reservoir physical properties, the volcanic explosion subfacies are the most favorable reservoirs. Different locations of volcanic rock in terms of palaeo-geomorphology have a great impact on the reservoir quality. Upper portion of the lava of the volcanic effusion subfacies in the highland of palaeo-geomorphology and in the hinge area are believed to be ideal oil and gas reservoirs. It is indicated by organic geochemical researches that source rock samples gathered from the volcanic rocks are quite similar to TIC chromatograph of mudstone extracts and saturated hydrocarbon chromatograph from Member II, III of Kongdian Formation, sterane and hopane of crude oil also have similarities with mudstone from Member II of Kongdian Formation, therefore, the Eocene Member II (E_{K_2}) of Kongdian Formation overlain the Suite and in Cangdong depression is the principal source rocks for generation of hydrocarbons reserved in Fenghuadian suite. The faults in the suite may have acted as conduits for hydrocarbon migration.

Key words: Fenghuadian; volcanic pool; lithofacies; hydrocarbons; provenance; migration