

欧北一大湾地区火山岩储层成因机制的研究

张 洪¹, 罗 群¹, 于兴河²

(1. 石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 2. 中国地质大学能源系, 北京 100083)

摘要: 从分布、成分组成、形成机制等几个方面探讨了辽河油田东部凹陷中段最主要的火山岩储层——粗面岩的成因机制, 并对其成为该区良好储层的原因进行了探讨, 通过对比说明了另一类火山岩——玄武岩不含油的原因, 并建立了成因模式, 最后得出结论: 粗面岩呈喷发状态产出, 由于其硅质含量高, 流动性小, 容易在构造高部位形成巨厚的火山岩锥或火山岩钟, 从而造成其大部分在水上, 结晶较好且储层物性极佳, 同时因其裂缝发育, 这些因素结合起来使其成为良好的储层。从供油方式来看, 其成藏方式属于侧生式, 而从生储盖组合方式来看, 其属于自生、自储、自盖式成藏组合, 同时给出了其成藏模式。

关键词: 火山岩; 粗面岩; 玄武岩; 储层; 流动性; 裂缝。

中图分类号: P618.130.2; P588.14 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2002)06-0763-04

作者简介: 张洪(1970—), 男, 2002 年毕业于中国地质大学(北京), 获博士学位, 现于石油大学做博士后工作, 主攻储层及油气成藏方向。

欧北一大湾地区位于辽河油田东部凹陷的中段, 东部凹陷处于特殊的构造位置, 是辽河盆地新生代火山活动最强烈的区域。早第三纪各期火山岩都十分发育, 成为东部凹陷新生代油气的一种重要储集岩体。下第三系各组段, 由南至北各区块火山岩储层中都见到了良好的油气显示^[1]。因而火山岩是东部凹陷极为重要的一套储层, 尤其是粗面岩, 在黄沙坨构造的小 22 井、小 24 井都已打出工业性油流, 说明其有广泛的勘探前景。因此, 清楚其形成机制不仅具有重大的理论意义, 而且对指导生产实践具有极大的实用价值。

1 研究区火山岩分布

频繁的火山活动是辽河拗陷的主要特征之一, 新生代以来, 6 次大的构造运动均伴有不同程度的火山岩喷发。本区火山活动主要在房身泡期和沙三期, 按前人建立的火山岩剖面应属第 1 期和第 3 期, 或 1~3 次和 7~10 次。此次火山岩的研究范围在时间上限于沙三中、晚期, 而从空间上仅限于欧北一大湾地区, 工作区火山岩可划分为 2 期 4 次喷发, 2 期

表 1 工作区不同时期火山岩类型

Table 1 Different types of lavas in the studied area

沙三上早期	以玄武岩为主, 多与沉积岩地层互层产出
沙三中晚期	以粗面岩为主, 喷发中心在热河台地区的热 24 井区、欧利坨子地区的欧 26 井区和黄沙坨地区的小 23 井区形成 3 个大的火山, 并叠合成片, 连续性较大
沙三中早期	以酸性凝灰岩为主
房山泡期	以玄武岩为主

即房山泡期和沙三期, 其中沙三期可分为 3 次, 即沙三中早期、沙三中晚期及沙三上早期(表 1)。

从强度上看, 本区火山岩从沙三中早期、沙三中晚期至沙三上早期, 有弱—强—弱的特点, 并且喷发中心逐渐由北向南迁移, 从火山口喷溢后火山岩呈层状分布, 愈远离火山口, 单层厚度愈薄, 横向厚度变化较快。

从空间上来看, 研究区粗面岩主要分布于黄沙坨构造, 并以小 22 井、小 24 井为中心呈环状分布, 而玄武岩则分布较为广泛, 尤其在欧 39, 欧 5, 欧 6, 欧 30 井为代表的欧北、欧利坨子地区(图 1)。结果表明, 粗面岩分布在界西断层西侧, 在小 23—小 22—小 24 井北东轴线方向比较厚, 小 22 井、小 24 井粗面岩厚度可大于 300 m, 分布稳定, 但东西方向延伸较短, 向两侧逐渐减薄。

表 2 粗面岩与玄武岩特征对比
Table 2 Contrast of trachyte and basalt

大类归属		$w(\text{SiO}_2)/\%$	矿物成分	结构构造	流动性及分布	成因
粗面岩	中性火山熔岩	58~68	以钾长石为主	斑状结构, 基质结构主要有粗面结构、玻璃质结构等	SiO_2 质量分数高, 粘度大, 流动性小, 分布相对局限, 常形成岩锥或岩钟	玄武岩分异而来
玄武岩	基性火山熔岩	44~53	斜长石和铁镁矿物 (辉石、角闪石等) 为主	玻璃质结构, 可见大量气孔构造	SiO_2 质量分数偏低, 粘度小, 流动性大, 分布十分广泛, 常形成岩被	上地幔物质部分熔融而形成

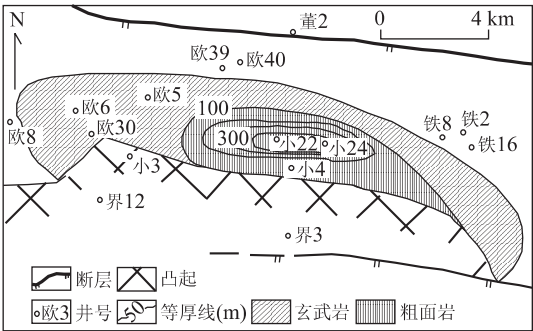


图 1 欧北—大湾地区火山岩分布

Fig. 1 Extension of volcanics in the Oubei-Dawan area

2 研究区主要火山岩类型

研究区 3 种主要火山岩是粗面岩、玄武岩及凝灰岩,粗面岩主要分布于黄沙坨构造并成为黄沙坨油田的主要含油储层;而玄武岩则在研究区广泛分布,内部不含油气;凝灰岩则分布范围较小,并且不产油气. 这几种火山岩层位和分布范围接近,但含油性却截然不同,以下先从成分及特征上来探讨造成此现象的原因.

(1)粗面岩. 研究区的粗面岩具有以下特点:①斑晶发育,具有“粗面”结构. 呈灰、灰绿、黑绿及黑灰等多种颜色. 斑晶为透长石和斜长石,呈柱状或板条状有规律排列. 岩石标本宏观上表现为块状、坚硬致密. ②长石含量高,钾长石+钠长石均大于 55%,反映了岩石发生了一定的蚀变作用,但并不强烈,粘土含量低,一般小于 10%. ③ K_2O , Na_2O 含量高, $w(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})>10\%$,表明本区的粗面岩属碱性系列. ④ SiO_2 的质量分数一般为 60%左右,表明其为中性岩类. ⑤本区火山岩储集层的储集空间主要包括裂缝、溶孔、气孔及晶间孔 4 种类型,其中裂缝是最主要的储集空间,本区火山岩储层属于裂缝型储层. 对比可知本区粗面岩既具粗面岩的一般特点、又有自己的特殊之处. (2)玄武岩. 玄武岩是一种基

性火山熔岩,与辉长岩成分相当^[2],在所有火山熔岩中分布最广,所占面积占全部喷出岩的 23%以上,其化学成分、矿物成分及成因、分布见表 2. (3)凝灰岩. 凝灰岩属于火山碎屑岩,即火山喷发的物质经成岩作用而形成的一类岩石. 其小于 2 mm 的火山物质约占 60%以上,颗粒中岩屑、晶屑、玻屑均可出现^[3].

因此,从成分上来看,粗面岩富硅、流动性小,造成其分布局限、厚度较大;而玄武岩则贫硅、流动性大,从而分布较广、厚度较小.

3 火山岩成因模式

3.1 喷发模式

火山喷发模式可划分为夏威夷式、斯特朗博利式、武耳卡诺式、培雷式、布里尼式和卡特迈式等 6 种类型^[1,4]. 玄武岩主要的喷发相模式为夏威夷式,即为一种溢流式喷发,其状态较为温和;粗面岩的主要喷发相模式为武耳卡诺式和斯特朗博利式,为爆发式,较为猛烈.

(1)夏威夷式. 其喷出强度最低,通常与玄武岩形成有关,其喷发特点是:贫气的熔岩流沿地面作较长时间流动,而富气的部分则快速喷发至空中,范围可高达 1 km,形成“熔岩泉”. (2)斯特朗博利式. 它产生的熔岩比较粘稠,也就是说 SiO_2 质量分数较高,其喷发特点是:在一开放通道中,顶部含有大量气泡的熔岩多次间断性猛烈喷发,形成高度大于 1 km 的喷发柱. (3)武耳卡诺式. 其喷发岩柱规模中等,通常高度不超过 3 km,一般形成结晶较好的安山岩. 它的喷发机制是:由于地下水的蒸发和不断上升的熔岩产生大量挥发性的物质,促使气体处于异常压力,随着这种压力增大,带有大量气体的岩浆可以冲破上覆已固化的岩浆,从而产生猛烈爆发. (4)布里尼式. 此种喷发与酸性岩浆岩的形成密切相关,这种喷发方式特点是:强度最高,也最为猛烈,产生的岩浆柱高达 3 km,生成大量富硅、粘稠的、呈气泡

表 3 火山岩不同喷发方式对比

Table 3	Contrast of different eruptive ways of lavas			
	夏威夷式	斯特朗博利式	武耳卡诺式	布里尼式
强度	变大			
规模	变大			
SiO ₂	增高			
火山岩类型	基性、超基性火山岩	中性火山岩	中酸性火山岩	酸性火山岩

状的岩浆物质(表 3)。

由于本区沙三段既存在玄武岩,又存在粗面岩,2 种岩石的原始岩浆粘度差异较大,因此其喷发模式不是单一的,而是多个模式的交叉叠合,为复合型火山岩相模式,即为夏威夷式、斯特朗博利式、武耳卡诺式、培雷式和卡特迈式多种模式的复合。而从总体上看,玄武岩应以夏威夷式为主,粗面岩则以斯特朗博利式和武耳卡诺式为主。这样,粗面岩喷发较为猛烈,携带大量的挥发性气体,便于将粗面岩冲到火山口旁边的构造高部位;而玄武岩喷发相对温和而贫气,喷发后聚集在火山口附近并沿斜坡流动,具填平补齐的特点,最终易汇聚于洼陷处。

3.2 形成模式及其与油气聚集的关系

从工作区目的层段 3 套火山岩来看,沙三中早期的一套凝灰岩厚度较小,规模有限,其成分基本是酸性火山物质,不含油气;沙三中晚期的火山岩以粗面岩为主,厚度较大,是本区主要油气储层,在小 22,小 23,小 24 等井中都打出了工业性油流,充分说明此套粗面岩可作为非常好的储层;沙三上早期的一套以玄武岩为主的火山岩,规模、厚度相对较小,局部(热 24 井)含有油气。

这 3 套火山岩同在沙三段,含油性却截然不同,经研究,应为以下原因造成:(1)这 3 套火山岩由早到晚是以酸性→中性→基性的顺序喷发的,且表现出两头弱,中间强的特点。最早的一套凝灰岩主要为酸性火山碎屑岩,由于其厚度较薄,规模较小无法形成有效的储层,而沙三中晚期的粗面岩则 SiO₂ 质量分数较高,粘度较大,流动性不好,这样大规模的火山熔岩就在局部聚集形成了巨厚的火山岩体。最后喷发的玄武岩 SiO₂ 质量分数较低,粘度较小,规模相对较小的此套火山岩经流动,成为厚度很小的岩被盖在另 2 套火山岩之上,也不易形成工业性油流。(2)沙三中晚期的粗面岩含油除了厚度规模的原因之外,还有更深层次的原因,以下从不同侧面探讨了粗面岩储集性能较好的原因:由于流动性较小,剧烈喷发的粗面岩聚集于构造高部位,容易在火山口高

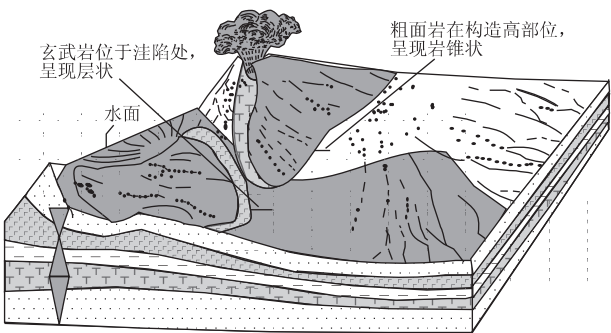


图 2 欧北—大湾地区火山岩成因模式
Fig. 2 Origin modes of lavas in the Oubei-Dawan area

地附近形成巨厚岩层,由于大部分在水上,它就有充足的时间进行结晶,形成晶质结构,而较粗的晶体使孔隙得以良好发育,因此它具有较好的储集性能。而且它暴露在空气之中,经过长期的剥蚀、风化,容易在内部产生大量的裂缝,另外粗面岩 SiO₂ 质量分数较高,硅质质量分数高也是形成大量裂缝的基础。这与工作区此套粗面岩的实际研究情况,即储集空间以裂缝为主正好相符。而玄武岩流动性较大,喷发后容易沿层面流动,最终汇集在水体较深的洼陷处形成薄的岩层,由于其在水下,裂缝不发育,同时没有足够的时间进行结晶,形成玻璃质结构,储集性能相对较差(图 2)。从图 1 也可以看出,粗面岩主要存在于黄沙坨构造,而玄武岩则在其周围广泛分布。

综上所述,沙三中晚期的粗面岩成为好的储层有几个最重要的原因:(1)由于各种原因产生了大量的裂缝,大大改善了岩石的储集性能,使差储层变为好的储层。(2)由于结晶程度高而具有好的储集性能。(3)规模和厚度大。而另 2 套火山岩含油性差也主要是基于这几个原因。

4 成藏模式

经过对测井资料及地震剖面的研究,可以得出黄沙坨构造粗面岩油藏的成藏模式如下:从供油方式来看,黄沙坨油田是典型侧向供油,即由黄沙坨洼陷暗色泥岩(沙三中泥岩)生成的油气,经断层及其他运移通道进入侧方的黄沙坨构造中。前已述及,黄沙坨构造中拥有储集性能极好的粗面岩,这样,良好的储集层、上方的盖层、构造(岩性)圈闭就构成了良好的成藏组合(图 3),形成自生、自储、自盖式火山岩油藏(生储盖层都在沙三段内部)。

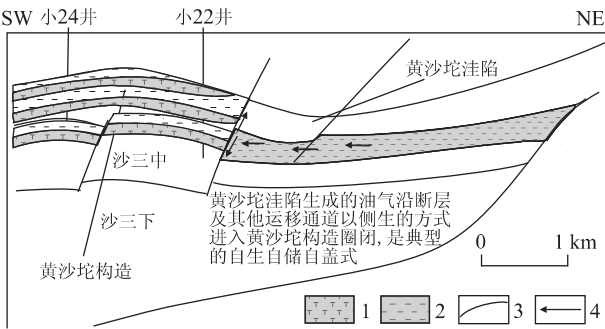


图 3 黄沙坨火山岩成藏模式

Fig. 3 Modes of forming reservoir in the Huangshatuo structure

1. 含油火山岩储层; 2. 泥页岩; 3. 断层; 4. 油气运移方向

5 结论

经过以上几个方面的研究,可以对研究区火山岩得出如下结论: (1)研究区火山岩主要分布于沙三中晚期、沙三上早期,在不同时期分别是凝灰岩、粗面岩和玄武岩. 从平面上来看,粗面岩主要分布在黄沙坨构造,并沿小 22 井、小 24 井呈环状分布,而玄武岩则在欧利坨子、欧北地区广泛分布. (2)粗面岩与玄武岩相比,其 SiO₂ 质量分数较高,流动性小,容易形成巨厚的岩钟或岩锥,对成藏有利. 而玄武岩刚好相反, SiO₂ 质量分数低,流动性大,易形成岩被,

对成藏不利. (3)研究区玄武岩以夏威夷式喷发为主,表现为温和、贫气;而粗面岩则以武耳卡诺式和斯特朗博利式喷发为主,表现为富气、猛烈. (4)粗面岩与玄武岩相比,除厚度、规模较大以外,还因为它不仅结晶较好,而且具有大量的裂缝作为储集和渗滤的空间,使其成为好的储层. 而从成藏组合上来看,沙三中晚期的粗面岩分布于沙三中厚层泥岩之中,此巨厚泥岩既可做其盖层,也可做生油岩,对其成藏极为有利. (5)研究区火山岩油藏是自生、自储、自盖式油藏,并主要由侧方供油.

参考文献:

[1] Reading H G. Environments; processs, facies and stratigraphy [M]. Oxford: Blackwell Science, 1996.
[2] 李石,王彤. 火山岩[M]. 北京:地质出版社,1981.
LI S, WANG T. Lava [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1981.
[3] 科普切弗—德科尔尼科夫. 火山岩及其研究法[M]. 北京:地质出版社,1978.
Copcif-doklnicof. Research way of lava [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1978.
[4] 丘家骧,陶奎元. 火山岩[M]. 北京:地质出版社,1996.
QIU J X, TAO K Y. Lava [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996.

An Origin Study on Lava Reservoir in Oubei-Dawan Area

ZHANG Hong¹, LUO Qun¹, YU Xing-he²

(1. Basin & Reservoir Research Center, University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Department of Energy Geology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: There are two kinds of lavas in the east depression of Liaohe oilfield. One is trachyte, the main lava reservoir in the area, and the other is basalt. By researching the extension, composition and cause of formation, the paper verifies the reason why the trachyte becomes good reservoir. By contrast, it also gives the reason for which the basalt doesn't contain oil and gas. It concludes that because of its high silicon contents, the trachyte is difficult to flow, and is easy to pile up at the top of structure. Therefore, its main body is beyond the surface. Good crystal brings about its perfect reserve characters. At the same time, the trachyte has lots of cracks. All the facts make the trachyte an excellent reservoir. In the end, the paper presents a pattern of forming reservoir for lava. It points out that its style of oil supply is a side-product and its style of forming reservoir is self-produced, self-reserved and self-sealed.

Key words: lava; trychyte; basalt; reservoir; flow; crack.