

山东滨南油田早第三纪玄武岩 油藏的形成条件

周自立

(胜利油田地质科学研究所)

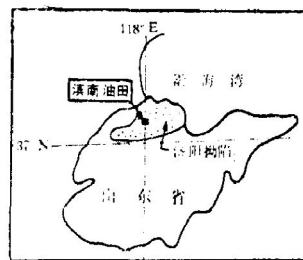
滨南油田玄武岩的储集空间主要是溶孔,由辉石斑晶和基性火山玻璃在渗流带溶解形成,部分孔隙被渗流鲕石、渗流豆石及渗流砂充填。玄武岩储层形成的有利条件是:玄武岩分布在古地形及古构造的高部位,构造裂缝发育,为大气水溶液的活动提供了良好的通道,具良好的泄水条件,有利于形成次生孔隙发育的玄武岩储层。

一、引言

从世界范围来看,玄武岩等火山岩储油层是比较少见的^[1]。我国在勘探中,新生代沉积盆地过程中,虽经常钻遇火山岩层,但因获得工业油流不多,也就没有引起应有的重视。

1982年,通过钻探,在山东北部济阳坳陷东营凹陷滨南油田(图1)始新世沙四段上部玄武岩层中,获得高产工业油流,十分引人注目。

济阳坳陷在区域构造上属渤海复式块断盆地的一部分,在下第三系沉积时期,基性岩浆活动频繁。根据中国许多大地构造学者^[2,3]的研究,新生代时期,受太平洋板块及印度板块的影响,中国东部陆壳普遍抬升,在拉张应力下,大陆壳“活化”,在先成断裂基础上裂开,产生断陷盆地及大陆裂谷,幔源玄武岩岩浆频繁地喷出地表。



第三纪,济阳坳陷的基性岩浆活动至少有五期(表1)。图1 滨南油田的地理位置

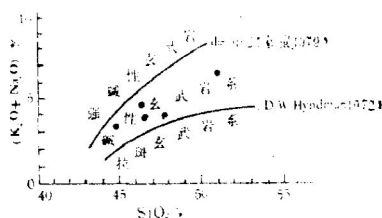


图2 SiO_2 -($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$)图解

各期的岩石类型不同,既有陆上喷出的火山岩,也有水下喷出的火山岩,还有侵入的辉绿岩。化学成分特征表明,所有玄武岩均属碱性玄武岩系列(图2),依据红海模式,本区的玄武岩属大陆裂谷岩浆作用发育的中期阶段,为岩浆作用最发育的时期。

济阳坳陷第三纪岩浆活动主要在早第三纪,早于

表1 济阳坳陷第三纪基性岩浆活动分期及特征

活动期	时 代			岩 石 类 型	最大厚度(m)
第五期	晚第三纪	中新世	馆陶期	橄榄(伊丁)玄武岩、钛辉石玄武岩	32
第四期	早第三纪	渐新世	东营期一沙一时	水下喷发的玄武质火山岩、辉绿岩	1135
第三期	早第三纪	渐新世	沙二时一沙三时	水下喷发的玄武质火山岩、橄榄玄武岩、辉绿岩	54
第二期	第三纪	始新世	沙四时	玄武岩、安山玄武岩、玄武质火山角砾岩	65
第一期	第三纪	渐新世	孔店期	安山岩、玄武岩、中基性火山角砾岩	117

油藏形成时期。滨南油田玄武岩油藏的发现,说明这些岩浆活动对油藏没有破坏作用,相反可以成为油、气储层。

二、滨南玄武岩油藏概况

滨南油田位于济阳坳陷东营凹陷西北缘,北依滨县凸起,东、南临利津洼陷。主要储集岩是第三纪砂岩。沙四时的玄武岩储层,分布在油田西段的滨338断块。

滨338断块主要受两条近东西向断层控制,成地垒式。玄武岩储层厚度为12.4—48 m,平均25 m。油层顶面深度为1698 m。原油比重为0.93,凝固点为-18℃,粘度为338—492 mPa·s,属高粘度原油。油层渗透性好。块内断层不密封,块间连通好,全块具有统一的油水系统。

储油玄武岩层夹在暗色泥岩中(图3)。泥岩中还见有薄层含鲕粒生物白云岩,均含油,但其含油性较玄武岩差。

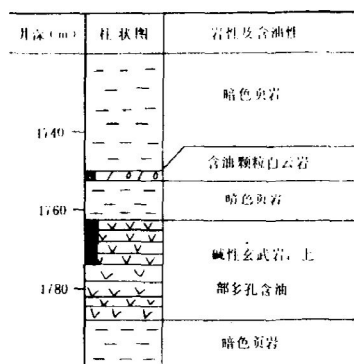


图3 滨338-6井的柱状剖面图

根据滨338-6井的岩芯观察,储油玄武岩为灰色,具有气孔构造和杏仁构造。气孔一般5—8 mm,分布不均匀,局部可占体积的20%。气孔壁上可见粘附的原油。根据薄片观察,岩石具有斑状结构(图版I-1, 2)。斑晶含量10—40%,大小为0.5—2 mm。斑晶均被交代,交代矿物有白云石、绿泥石、皂石及黄铁矿等(图版I-1)。斑晶的自形轮廓仍被保留,多为短柱状,并有八边形断面。依此可以判断被交代的斑晶为辉石。基质具间隐结构,主要由薄板状基性斜长石和基性火山玻璃组成,二者含量相近。

玄武岩中见有原生和次生孔隙。充填物比较复杂(图版I-3, 4),有铁质膜、玉髓、孔隙衬边状绿泥石、白云石质鲕粒和球粒、断面呈三角形的犬齿状白云石及低干涉色的沸石等自生矿物。此外还见有渗滤砂(图版I-4),主要由棱角状斜长石和白云石粉砂组成,含泥质。

三、储集特征

玄武岩和其他岩浆岩一样, 一般没有原生的连通孔隙, 为非渗透层。为了查明研究区含油玄武岩储集空间特征, 笔者在肉眼观察岩芯的基础上, 选取有代表性样品, 做了薄片、孔隙度、渗透率、碳酸盐含量、扫描电镜及X衍射等项分析, 并通过综合分析, 得到玄武岩油藏储集特征如下表:

深 度 (m)	渗 透 率 (μm^2)
1704.63	7.503
1705.62	139.987
1706.63	235.342
其余井段	0—0.6

2. 储集空间类型多(表3) 根据成因, 可区分为9种。各种孔隙大小悬殊, 丰度各异, 分布不均匀。

表3 含油玄武岩的储集空间类型

储集空间类型	直径(mm)	丰 度	形成机理	图版号
构造裂缝		+++	构造应力作用	
收缩缝		+	岩浆冷凝收缩	图版 I-5 图版 II-1
气 孔	5	+++	岩浆中气体逸出	
火山玻璃气泡孔	0.002	+		图版 II-2
气孔溶孔	7	+++		图版 I-2—4
火山玻璃溶孔	0.1—0.3	+++	古渗流带及潜	图版 II-3, 4
暗色矿物斑晶溶孔	0.5	++	流带的溶解作	图版 I-1
长石晶溶孔	0.005—0.01	+	用	图版 II-5
球粒间溶孔	0.03—0.05	+		图版 I-6 图版 II-6

3. 溶蚀孔隙是最重要的储集空间 其中又以气孔溶孔(图版 I-2, 3, 4)、基性

火山玻璃溶孔(图版Ⅱ-3, 4)及暗色矿物斑晶溶孔(图版Ⅱ-1)为主, 长石晶溶孔(图版Ⅱ-5)及绿泥石球粒间孔为量较少。

4. 胶结和充填作用是减少储集空间的主要作用 在玄武岩储层中, 有许多较大的溶孔被胶结物充填(图版Ⅱ-3, 4), 使孔隙体积大大缩小, 渗透率降低, 有些较小的溶孔可完全被亮晶铁白云石充填。

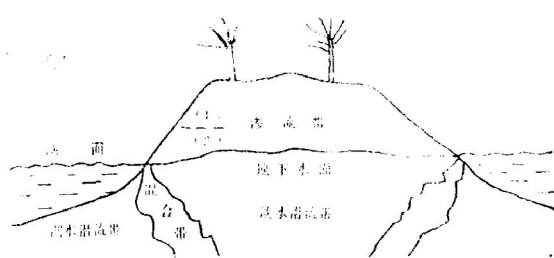


图4 玄武岩渗流带与潜流带的理想剖面图

- (1) 溶解带: 形成玄武岩中的次生孔隙,
(2) 沉淀带: 溶孔中有渗流鲕及渗滤砂

大小相近, 鲕层数目相同。鲕粒的形态多样, 有浑圆的、扁圆的、似梯形的、半圆形的、扇形的。确定为渗流鲕的主要依据是它具有原地生长的特点: (1) 各种鲕粒均存在于大小不等形状不同的孤立的孔隙中, 可占满整个孔隙; (2) 鲕的大小及数量受孔隙大小限制; (3) 靠近孔壁的鲕粒, 其形态受孔壁限制, 有的鲕粒呈半圆形悬挂在孔壁上, 有的外部鲕层呈现重力胶结作用的特点; (5) 有的鲕粒外部同心层消失在周围的胶结物中; (6) 有的鲕层具有高位栖息(perched)包裹体。

渗流豆石较少, 一般2—3mm。形状受孔隙形态控制, 多为不完整的球体和半球体。往往在一个孔隙中仅有一个渗流豆石。同心层规则而清晰, 易于辨认。

渗流砂充填在孔隙中(图版Ⅱ-4), 由细粉砂和泥质组成, 分选差。碎屑为棱角状, 成分主要为基性斜长石, 它和玄武岩中的基性斜长石相似。此外, 还有白云石碎屑及绿泥石衬边碎屑。从分布关系来看, 其形成显然晚于渗流鲕及犬齿状白云石。这种渗流砂是由大气水将玄武岩风化产物带入地下, 在孔隙中沉积形成的。

环境标志的有渗流鲕石和渗流豆石、渗流砂(图版Ⅱ-3, 4)及重力胶结物。其他产物有作为孔隙衬边的水针铁矿和绿泥石、犬齿状自形白云石环边胶结物及沸石。

渗流鲕充填在气孔溶孔中(图版Ⅱ-3), 一般为0.1—0.2mm, 鲕心较小, 多为不透明矿物。偶见复鲕。鲕层层数不等, 可达4到16层。同一孔隙中的鲕粒大

犬齿状亮晶白云石(图版 I-3, 4)可构成渗流颧的环边胶结物。贴近孔隙的亮晶白云石, 具有清楚的三角形横断面, 表明它是由淡水沉淀形成的^[6]。

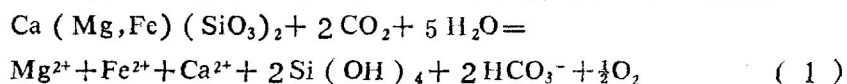
上述次生产物特点, 足以说明玄武岩储层中的溶孔是在渗流带溶解带形成的, 其形成时间显然早于充填胶结作用。充填胶结后剩余的孔隙仍然较多, 可构成较好的渗透层。

五、溶孔形成机理探讨

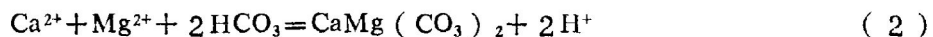
玄武岩具有有利于形成次生孔隙的内在因素: (1) 玄武岩坚硬性脆, 在构造应力作用下, 容易形成裂缝; (2) 玄武岩中有许多气孔、气泡、气管及收缩缝等原生孔隙, 当其与构造缝连通, 可以作为溶液活动的通道; (3) 玄武岩中含有较多不稳定组分, 如暗色矿物斑晶和基性火山玻璃。当它们处在渗流带的大气水作用条件下时极不稳定, 容易溶解形成孔隙。

玄武岩是在十分不同于地表的高温条件下形成的。在高温、相对缺氧和水活动性差的条件下, 形成了其中的低羟基、低价态(如 Fe^{2+} , Mn^{2+} 和 S^{2-})、晶体结构较致密的矿物(如辉石等)。这类矿物, 特别是含铁、镁的硅酸盐矿物, 在近地表的富氧水中很不稳定, 钙、镁、钠和钾等离子容易分离, 在极性溶剂中形成稳定的单体溶剂化组分。

以玄武岩中的普通辉石为例, 风化反应的吉布斯(Gibbs)自由能值很低($-38.1 \text{ KCal mol}^{-1}$), 抗化学风化能力很弱, 易溶于富含 CO_2 的大气水中, 其反应式是:



上列反应式表明, 辉石的溶解作用有利于形成白云石, 其反应式为:



玄武岩中常见辉石斑晶被白云石交代的现象(图版 I-1), 其成因可从(1)和(2)反应式得到解释, 这也能反证在玄武岩化学风化作用过程中(1)和(2)反应是存在的。此外, 辉石的溶解还为沸石等次生硅酸盐矿物的形成提供 $\text{Si}(\text{OH})_4$ 。基性火山玻璃是更容易溶解的组分, 它的溶解反应式可能近似于辉石。

根据上述代表玄武岩化学风化过程的反应式, 就容易确定不同环境中控制化学风化速度和风化类型的基本因素。在最简单的情况下, 平衡补偿意味着反应式(1)辉石的溶解反应, 会因水和二氧化碳反应物活动性增高和溶解钙、镁、铁离子与碳酸氢根的溶液生成物活动性降低而变得更加有利。降雨量大、丰富的有机物以及良好的泄水条件等, 有利于溶解物迁移, 能促进玄武岩中不稳定组分的溶解。较高的温度会增加反应速度和有机物的繁殖。因此, 在湿热的热带及亚热带泄水良好的地区, 化学风化最为发育。

滨南玄武岩在始新世晚期喷出地表, 具有有利于化学风化的条件: (1) 古地形条件有利。玄武岩储层发育的滨338断块为地垒式断块, 厚度分析表明, 当时处于古地形高部位, 泄水条件良好, 形成较厚的渗流带; (2) 古构造条件有利。滨南玄武岩喷出后, 由于张性断裂作用较强, 形成密集的构造缝, 为溶液活动提供了良好的渗流通道, 这是形成各种次生孔隙的必要条件; (3) 古气候条件有利。大量孢粉资料表明, 始新世晚期为温暖的亚热带气候, 古气温较高, 有利于化学风化作用进行。

玄武岩中形成的次生孔隙,与沉积岩中所见的原生孔隙相比,在埋藏期具有更易于保存的特点。玄武岩喷出地表后迅即冷凝变硬,不再因地层重力而变形。所以,在以后的埋藏阶段,玄武岩储层中的各种孔隙不会因压实作用而消失,甚至于大孔隙内充填胶结的微细结构都可以保存下来(图版 I-3,4)。这说明玄武岩储集层中孔隙的保存条件,显然有优于一般沉积岩储层之处。此外,玄武岩上覆的沉积物为泥质,它是良好的非渗透层,也可“保护”其下伏的玄武岩渗透层免遭破坏。

上述情况表明,滨南玄武岩储层的形成,需具有一定的条件。

六、玄武岩油藏的形成条件

滨南油田的玄武岩,不仅具有形成储层的条件,还具有形成油藏的其他条件:

1. 玄武岩是在盆地内油、气运移和聚集以前喷出地表的。济阳坳陷及渤海湾盆地其他坳陷的主要油、气运移时间是在晚第三纪。所以,本文述及的第三纪五期岩浆活动形成的基性火山岩,均具备这一条件。

2. 玄武岩储层所在的滨 338 断块是地垒式断块,不仅喷发时的古地形,而且以后在油、气运移、聚集时期的古构造位置,都处于高部位,有利于油气聚集。

3. 玄武岩储层的周围有良好的生油层,并有断裂作为通道与玄武岩储层连通。滨南玄武岩储层上、下有暗色泥岩生油层,侧向上距利津生油洼陷较近,油源条件是好的。

4. 玄武岩储层之上有较厚的暗色泥岩及油页岩,是良好的盖层。

5. 滨南玄武岩油藏是在晚第三纪形成的,此后没有大的断裂活动,使油藏得以保存。

详细研究滨南玄武岩油藏的形成条件,对寻找类似的火成岩油藏具有重要意义,这一问题有待进一步深入探讨。

致谢:胜利油田地质科学研究院王德坪和王捷同志审阅了初稿,并提出不少可贵的修改意见,特此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Naomoto Komatsu, 1984, World Petroleum Congress 11th London, Proceedings, P.411—420.
- [2] 王鸿祯, 1982, 地球科学, 第3期.
- [3] 张勤文, 1982, 地质学报, 第2期.
- [4] Schmidt, V., and McDonald, D. A., 1979, Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists Spec. Pub. 26, P.175—207.
- [5] Longman, M. W., 1980, Amer. Assoc. Petroleum Geologists Bull. V. 64, P. 461—487.
- [6] Chafetz, H. S., and Butler, J. C., 1980, Sedimentology 27, P. 497—518.

FORMATION CONDITION OF A LOWER TERTIARY BASALT RESERVOIR, BINNAN OILFIELD, SHANDONG

Zhou Zili

(Geological Research Institute of Shengli Oilfield)

Abstract

Binnan Oilfield is located in the north of Shandong Province. It is one of the Shengli Oilfields. Commercial oil was discovered in Late Eocene basalts in 1982. The effective thickness of the basalt reservoir rocks is about 13.5m. The maximum porosity is up to 25%. The main pores are vugs resulted from leaching of augite and basic volcanic glass in the vadose zone. A part of the pore space is filled by vadose silts, vadose ooids and vadose pisolites. Favourable conditions for the formation of the basalt reservoir are: the basalts spreaded over high paleogeomorphic and paleotectonic position, and had a great deal of tectonic fractures which could provide lots of passages for meteoric water to flow, it was very favourable for the formation of basalt reservoir with bigger thickness and higher porosity.

海南岛福山凹陷陆区金凤1井喜喷油气流

福山凹陷位于海南岛北部沿海地区, 凹陷北半部位于琼州海域水中, 南半部为海南岛北部陆地, 陆地面积 2100 km², 占凹陷 70.8%。

1963—1965 年根据重力和地面电法资料确定福山凹陷的存在和基本构造轮廓, 并选临高鼻状隆起及福山重力高, 打过 5 口浅井, 发现上第三系海相地层和下第三系围洲组及白垩系。1975—1978 年在福山凹陷钻井 38 口, 有 24 口井见油气显示, 获油流井 4 口, 产油层下第三系围洲组和流沙港组砂岩。由于地表及地层中玄武岩层的影响, 当时使用地震勘探技术和设备落后, 局部构造不清楚, 所打的井大多数不在构造圈闭上, 因此找到的含油面积很小。

1985 年 5 月中国石油开发公司海南公司与澳洲 CSR 东方石油 (私人) 有限公司等 4 家公司签订合作勘探开发福山凹陷油气资源合同。1986 年 2 月—1987 年 4 月用先进的大型可控震源数字地震仪器, 进行严格的野外施工和细致的资料处理, 获得第三系底部的反射, 完成 120 道 60 次覆盖的地震测线 1217 km, 发现和落实 14 个构造, 圈闭面积最大达 60 多平方公里。在金鹰、金凤、金兔和金鱼构造部署 4 口探井。第一口探井金鹰 1 并于去年 11 月 10 日开钻。金凤 1 并于 12 月 22 日开钻, 3 月 9 日—15 日在下第三系流沙港组砂岩层测试, 在井深 2271.5—2279m 获日产天然气 10000 m³, 轻质凝析油 0.28 m³, 在井深 2195—2205 m 获日产天然气 7 万多立方米, 轻质凝析油 0.32 m³。气体成分含重烃约 18%, 属湿气, 预计在这个构造上还可找到油藏。

(彭善环)