

长岭断陷火山岩气藏勘探潜力

陆建林^{1,2} 王果寿² 蔡进功¹ 全书进³

(1. 同济大学海洋与地球科学学院 2. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所 3. 中国石化勘探分公司)

陆建林等. 长岭断陷火山岩气藏勘探潜力. 天然气工业, 2007, 27(8): 13-15.

摘 要 位于松辽盆地中南部的长岭断陷深层火山岩发育, 火山岩气藏成藏条件复杂、勘探难度大, 对其勘探潜力的分析结论关系到下一步的勘探决策。为此, 对该区火山岩气藏储集条件、圈闭条件、烃源潜力以及成藏模式等进行了分析研究。结果认为: 长岭断陷火山岩纵向上多期叠置, 发育有原生和次生两大类储集空间, 形成了随地质演化而逐渐发育的独具特色的火山岩储集体; 火山岩体与基底大断裂和围岩在特定的构造背景下相互配置形成了火山岩岩性圈闭、火山岩与构造复合圈闭; 深层具有多种烃源条件, 为火山岩储集体提供了丰富的烃源; 火山岩储层与多套烃源岩交互发育, 形成自生自储型和下生上储型成藏组合, 生、储条件配置有利, 具备形成以火山岩气藏为目标的大中型气田的条件, 具有广阔的勘探前景。

主题词 长岭断陷 火山岩 储集层 气藏形成 机理 模式 勘探 潜力

随着油气勘探的进展, 火山岩作为储层所形成的油气藏成为了油气勘探的新领域之一。世界上许多国家已在火山岩中发现了数量可观、具有很好的开发潜力的烃类储层靶区。我国各大油田也不同程度的在火山岩储层中采得油气, 如: 克拉玛依油田、兴隆台油田、二连盆地等地已火山岩中开发了高产火山岩油气藏。松辽盆地在徐家围子等地也已发现高产火山岩气藏, 充分表明深层火山岩储层巨大的勘探潜力。

长岭断陷位于松辽盆地中南部, 是在古生界变质基底上发育的断、拗叠置的晚中生代碎屑岩盆地。自晚侏罗世至晚白垩世, 长岭凹陷沉积了巨厚的上侏罗统一白垩系碎屑岩, 发育有断陷层系、拗陷层系两大成藏体系(图 1), 断陷层系指上侏罗统一白垩统断陷构造层系, 包括登娄库组、营城组、沙河子组和火石岭组地层。

由于盆地整体处于活动大陆边缘环境, 地壳厚度小, 有利于岩浆上侵喷发, 致使盆地中火山岩多期发育, 纵向上多期叠置, 从钻探揭示情况看, 从火石岭组到登娄库组均有分布, 断陷层火山岩与沉积岩地层交互发育。火山岩发育区火山岩地层的厚度可以很大, 有的单个火山岩体就厚逾数百米, DB-11 井钻火山熔岩 600 m 未穿, DB-10 井 800 m 未穿。火山岩体的大量分布, 为火山岩气藏的形成提供了物质基础, 研究及实践表明该区发育有多套烃源岩、油气保存条件较好, 具备形成多种类型火山岩气藏的有利条件。

一、火山岩储层基本特征及储集能力

火山岩储层是一种裂缝—溶蚀孔洞双孔隙介质非均质储层, 其岩石的矿物成分复杂, 裂缝、溶蚀孔的类型、组合分布有极强的各向异性, 纵向上火山岩的岩性分布有较大的差异, 有侵入的辉绿岩、喷发的玄武岩、烘烤变质的板岩以及指状穿插的辉绿岩和泥岩互层^[1]。本地火山岩以酸性和中、基性岩浆岩为主, 部分为火山碎屑岩。区域研究认为松辽盆地中生代曾经历了 6 次规模不等的火山喷发旋回, 9 个喷发期次。

火山岩主要有原生和次生两大类储集空间。原

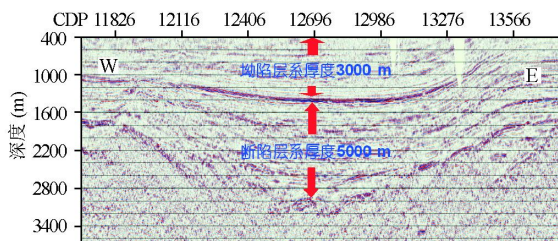


图 1 长岭地区地震剖面图

作者简介: 陆建林, 1966 年生, 博士, 教授级高级工程师; 2004 年 6 月毕业于中国地质大学(北京)矿产普查与勘探专业, 现主要从事石油地质综合研究、油气藏评价技术研究等工作。地址: (214151) 江苏省无锡市中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所。电话: 13616182690。E-mail: lujianlin69@sina.com

生储集空间主要是岩浆喷发与冷却过程中产生的气孔。次生储集空间主要包括岩浆喷发期后形成的次生矿物晶间孔隙、溶蚀孔洞和构造裂缝。本区火山岩中往往两大类储集空裂缝连通原生和次生孔隙,大大改善了火山岩储层的储集条件,构成孔隙—裂缝型储层。长期地质历史时期的构造运动影响,形成了多期、不同规模、不同层次的裂缝。

长岭断陷火山岩最发育的是营城组。营城组火山岩储集空间类型组合总体上看主要为孔隙与裂缝型组合、溶孔与裂缝组合特征,在构造运动作用下,可形成渗透性好的裂缝。这些裂缝将独立存在的原生气孔互相连通,增大了火山岩的储集空间,改善了火山岩储层的储集物性,同时火山岩在喷发冷凝过程中气孔发育,在暴露风化期受风化淋滤作用形成缝洞,进一步增加了储集空间。造成了火山岩储层随地质演化过程而逐渐发育的独具特色的火山岩储集体系。

从DB10井获取的火山岩岩心看,岩心出筒是较破碎,岩心内部裂隙、溶洞、溶孔较发育。裂隙多呈纵向分布,宽度一般为1~3 mm,宽者逾5 cm,部分被方解石脉或方解石晶簇充填。岩性物性分析表明^[2],营城组火山岩孔隙度为5.47%~10.00%。而邻区徐家围子断陷在营城组其孔隙度为6.3%~12.8%,渗透率为 $0.55 \times 10^{-3} \sim 22.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,可以作为良好的储集层,物性比受深部成岩作用影响的致密碎屑岩储层要好得多,因而是深层天然气勘探的重点储层。

二、火山岩圈闭的形成及类型

基底断裂的长期活动为岩浆上涌提供了通道,并控制着火山岩体沿基底大断裂带分布。火山岩体与基底大断裂和围岩在特定的构造背景上相互配置可形成圈闭,圈闭可分为两种主要类型,即火山岩岩性圈闭、火山岩与构造复合圈闭。

1. 火山岩岩性圈闭

长岭断陷盆地充填过程中,长期伴随着火山喷发。不论是火山活动强烈期,还是火山活动相对较弱阶段,均可形成规模较大的火山岩体,火山岩体若被泥岩盖层所覆盖即可形成火山岩岩性圈闭。火山岩圈闭受火山岩发育程度和火山岩相的控制,主要形成于营城组地层中。

2. 火山岩与构造复合型圈闭

构造类圈闭与火山岩体叠合可形成复合圈闭,它是由构造运动控制的,其主要类型有:断鼻圈闭、

断块圈闭、断层遮挡圈闭。长岭断陷火山岩圈闭以断块圈闭居多,其中大部分形成于营城组末期,后期构造运动对圈闭有一定的改造、破坏作用。但它们多具有近源、断裂沟通烃源、正断层侧向上与泥岩构成界岩封闭条件、纵向上多层圈闭继承发育的特点,成藏条件优越,圈闭均有可能成为有效圈闭。

基底断裂不仅控制了火山岩的分布,也控制了火山岩圈闭的分布,从而使断裂带成为火山岩油气藏勘探的最有利地区。

三、断陷层烃源潜力

1. 烃源潜力

断陷盆地中的烃源岩具有沉积厚度大、有机质丰度高、演化程度高等特点。在各断陷盆地中,暗色泥岩厚度一般为200~600 m,最大可达3500 m。钻井揭示营城组以灰、灰黑色泥岩为主要烃源岩,有机碳含量为0.65%~1.13%,平均为0.89%,氯仿沥青“A”含量为213.4 mg/L,属于中等偏好的烃源岩。断陷期烃源岩现今埋深一般在4000~7000 m,在坳陷的边缘斜坡部位也在2500 m以下,镜煤反射率 R_o 为1.05%~4.8%,干酪根类型以腐殖型为主。由于有后续坳陷层叠置,断陷层烃源岩演化程度较高,除一些小型地堑式断陷外,大部分断陷层源岩均已进入成熟至高成熟阶段。

长岭地区断陷层油气资源量约为 $5.05 \times 10^8 \text{ t}^{[3]}$ (当量),以天然气为主,属于大型富含油气盆地低—中等资源丰度的断陷区。由于探明程度很低,基本上属于待发现的资源量。因此,资源前景广阔。

2. 火山岩地层可能具备一定的生油能力

人们一般都不会将火成岩和油气源岩放在一起考虑。虽然在火成岩中发现的油气大多数都来自沉积岩,但有些火山岩也可以成为原生烃源岩,而且与火山环境直接相关的富含有机质沉积物也可以是重要的油气源岩。Zimmerle(1995)指出,火山岩(特别是凝灰岩)与富含有机质沉积物的普遍共生,同时火山作用可以导致短时间的缺氧状态。这些时火山灰常成为富含有机质的沉积物(Loutit等,1988)。这些都有利于烃源物质的形成和演化。但本区火山岩具体生烃潜力如何,还有待进一步研究。

3. 火山岩热催化作用

火山岩分布区由于火山岩的热作用,导致烃源岩的异常热演化,对有机质熟化起到一定作用^[4]。

如辽河坳陷东部凹陷东营组的火山岩,存在火山岩的地区达到4.25 °C/100 m,远远高于该区的平

均地温 $3.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。高地温大大促进了烃源岩的成熟,受火山岩影响的地区油气丰度明显高于其他地区,存在早期生烃现象^[5]。

火山岩带来的高热流很大程度上促进了有机质的成熟。相应的转化率和产烃率也比较高,为凹陷提供了充足的油源基础。使火岩分布区的油气丰度明显高于无岩浆活动区。这对火山岩发育区的勘探是有利的。

4. 烃源岩演化程度

长岭地区断陷层登娄库—营城组、沙河子组镜煤反射率均在 1.2% 以上,深度为 $2230\sim 2779\text{ m}$,烃源岩已进入成熟—高成熟阶段,据 SN108、SN109 井测试分析资料结果,营城、沙河子组深度在 2600 m 左右烃源岩进入高成熟阶段。现阶段登娄库组上部地层处于高成熟阶段,下部地层进入过成熟阶段,至今仍处于生气阶段。因此,断陷层以形成气藏为特征。

四、成藏模式分析

根据断陷层系的地层发育特征和沉积相带的展布规律,长岭断陷层系油气成藏系统在纵向上主要发育自生自储成藏组合和下生上储成藏组合。其中自生自储成藏组合主要发育于火石岭组、沙河子组和营城组地层中,以形成原生油气藏为主,下生上储成藏组合主要发育于登娄库组和泉头组地层中,以次生油气藏为主要特征。

断陷层系在断陷槽的沉降中心广泛发育有半深湖—深湖相泥岩、油页岩沉积,是有利的烃源岩。断陷槽的沉降中心广泛发育有火山岩的喷发,其火山岩喷发相是有利的含油气储集岩相带。与上、下烃源岩构成有利的自身自储式成藏组合。半深湖相、深湖相暗色泥岩和火山岩是有利的油气封盖层。

登娄库组储集岩层不仅发育,而且分布广泛。其下伏地层火石岭组、沙河子组和营城组发育巨厚的烃源岩。构成下生上储式成藏组合。泉头组二段主要发育棕色泥岩夹灰白、棕白色粉细砂岩,棕色泥岩沉积厚度大,分布范围广,是主要的油气封盖层。

长期活动的断裂或张性断裂作为运移的通道,把油气输导到火山岩中。当火山岩体处于继承性发育的构造高点时,储集物性一般较好,也是油气运移的最优指向,成为油气聚集的有利地带断陷层早期具隆起背景,后期构造稳定,以鼻状构造—地层超覆尖灭—火山岩体三位一体的复合圈闭控气为特征,

构成原生型油气成藏系统,是最有利目标区(如图2中所示的达尔罕含气构造)。

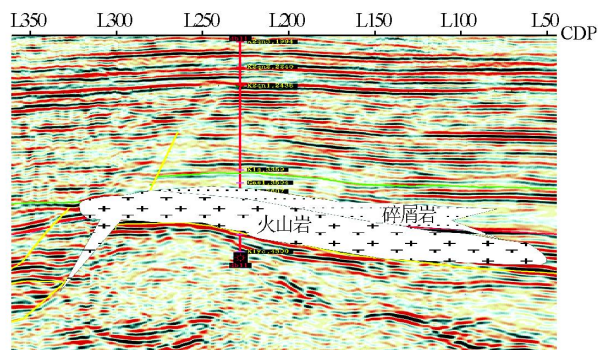


图2 达尔罕构造带油气藏类型示意图

五、结束语

(1)长岭断陷具有广泛发育的火山岩地层,并具有一定的储集能力,与砂岩地层相比,可作为断陷层的主力储层。

(2)断陷层构造发育,火山岩体与构造配置,可形成多种类型圈闭,是油气聚集的主要场所。

(3)断陷层湖相烃源岩发育,热演化程度高,生烃量大,具备形成大中型气田的物质基础。同时认为,火山岩在某种程度上具备一定的生油气能力。火山岩对烃类转化起到一定的促进作用。

(4)断陷层生储盖组合条件有利,可形成多种类型气藏和复式气聚集带。

(5)断陷层火山岩气藏具有广阔的勘探前景,是下一步勘探的重要方向。

参考文献

- [1] 王全柱.火山岩储层研究[J].西安石油大学学报:自然科学版,2004,19(2):13-16.
- [2] 邓玉胜,王蕴,朱桂生,等.松辽盆地南部长岭断陷火成岩特征及其对油气藏的控制[J].中国石油勘探,2003,8(3):31-37.
- [3] 朱又红,王骏.松辽盆地十屋断陷、长岭凹陷深层资源潜力分析[J].石油实验地质,2003,25(2):149-152.
- [4] 安作相,马纪.渤海湾盆地第三系火成岩与油气[J].复式油气田,2000,12(4):1-5.
- [5] 路波,赵萍.火山岩的分布及其对油气藏的作用[J].特种油气藏,2004,11(2):17-19.

(修改回稿日期 2007-06-19 编辑 居维清)