

文章编号: 0253-9985(2011)03-0360-08

松辽盆地长岭断陷火山岩天然气藏分布规律与控制因素

王洪江¹, 吴聿元²

(1 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2 中国石化 华东分公司, 江苏 南京 210011)

摘要: 在长岭断陷火成岩天然气成藏条件以及各成藏要素时空配置关系综合分析的基础上, 讨论了天然气富集规律及主控因素。研究表明, 长岭断陷烃类气藏主要分布在凹陷中部低凸起带腰英台、达尔罕构造及东部斜坡带双龙构造, 其中营城组爆发相凝灰岩和溢流相流纹岩为最有利的储集层。控制天然气富集的因素主要包括: ①断陷层深部烃源岩的分布范围宏观上控制油气分布; ②火山岩体及其有利的储集相带控制气藏的形成与分布; ③深大断裂是油气形成的重要条件; ④良好的盖层和侧向遮挡条件决定了纵向上油气的分布; ⑤在基底断裂沟通良好的前提下, 早期充注的烃类与晚期 CO₂ 形成有机-无机混源气藏; ⑥大型继承性古隆起(古斜坡)、地层超覆尖灭、火山岩体形成的复合圈闭是最有利目标区。

关键词: 控制因素; 分布规律; 火山岩储层; 天然气藏; 长岭断陷; 松辽盆地

中图分类号: TE121.3 **文献标识码:** A

Distribution patterns and controlling factors of volcanic gas pools in the Changling fault depression, the Songliao Basin

Wang Hongjiang¹ and Wu Yuyuan²

(1. Geoscience and Resource College, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. SINOPEC East China Company, Nanjing Jiangsu 210011, China)

Abstract Based on a comprehensive analysis of gas accumulation conditions and temporal-spatial combinations of accumulation elements in this paper we make a study of enrichment pattern and main controlling factors of volcanic gas reservoirs in the Changling fault depression. The results show that gas pools are mainly distributed in the Yaoyingtai and Da'erhan structures in the low salient of central sag and the Shuanglong structure in the eastern slope belt. Volcanic tuff of explosive phase and rhyolite of overflow phase in the Yingcheng Formation are the most favorable reservoirs. The major controlling factors for gas accumulations are as follows: 1) distribution of deep source rocks controls the oil and gas distribution in a macro way; 2) volcanic rocks and their favorable reservoir facies control the development and distribution of gas pools; 3) discordogenic faults are important conditions for the development of oil/gas pools; 4) quality cap rocks and lateral seals determine the vertical distribution of gas; 5) the early charged hydrocarbons get mixed with later-generated CO₂ when basement faults have good conductivity leading to the formation of mixed gas pools with both organic and inorganic origins; 6) favorable targets are compound traps formed by large-scale inherent palaeohighs (palaeoslope), overlapping pinchouts and volcanic rocks.

Key words controlling factor; distribution pattern; volcanic reservoir; gas pool; Changling fault depression; Songliao Basin

长岭断陷位于松辽盆地中央断陷区南部, 为松辽盆地规模最大的一个断陷, 面积为 7 240 km², 发育 1 000~5 000 m 厚的上侏罗统一下白垩统, 包括登娄库组、营城组、沙河子组和火石岭组。长岭断陷是在古生界基底上发育的断、拗叠置的晚

中生代盆地, 经历了裂(断)陷、拗陷和萎缩褶皱三大构造演化阶段。主要烃源岩为火石岭组、沙河子组和营城组暗色泥岩和煤, 厚度为 2 100~2 400 m。在营城组、火石岭组发育多期性质不同、规模不等, 且相互叠置的火山岩体, 由于火山

收稿日期: 2010-12-20

第一作者简介: 王洪江(1973-)男, 高级工程师, 油气勘探。

岩的裂缝、孔洞不受深埋压实作用影响, 而保持了良好的储集性能, 成为长岭地区天然气藏的主要储层。2005 年, 长岭地区深层长深 1 井与腰深 1 井获得工业性气流, 揭示了长岭断陷深层天然气勘探具有巨大的潜力^[1-2]。近年在松辽盆地北部、南部相继发现了一系列以火山岩为主要储层的大中型天然气藏, 深化了对火山岩天然气藏形成条件与富集规律的认识。

1 天然气藏分布特征

松辽盆地已在断陷层系发现 9 个大于 $1\,000 \times 10^4$ t 级的大、中型油气田, 主要分布于徐家围子、十屋、长岭断陷之中^[3-4]。长岭断陷火山岩烃类气藏平面上主要分布在东部腰英台构造带、达尔罕构造带、前进构造带、双龙构造带, 而断陷西部、中部为 CO_2 富集区。天然气纵向上主要分布于营城组, 主要储集岩是凝灰岩和流纹岩, 火山岩气层孔隙度一般大于 3%, 渗透率对气层的分布具有明显

的控制作用。登娄库组、泉头组及青山口组也发育次生成藏组合, 但气藏规模较小^[5]。

1.1 平面分布特征

长岭断陷烃类气和 CO_2 具有分区分布的特点, 断陷西部为 CO_2 富集区, 断陷中部为 CO_2 和烃类气混合气区, 断陷东部主要为烃类气富集区, 局部为 CO_2 富集区。对比而言, 东部断陷带各断陷要比西部断陷带更富烃类气, 北部比南部更富烃类气, 而 CO_2 则是西多东少, 南多北少。常规烃类气主要受气源岩控制而呈近源、环带状分布, 而幔源 CO_2 则受深部构造背景影响呈狭长带状或点状分布, 控制 CO_2 气源的基底大断裂在控制了 CO_2 聚集和分布的同时, 也控制了烃类气的聚集和分布。

目前发现的烃类工业气藏或含气构造主要分布在长岭断陷东部和东南部腰英台构造带、达尔罕构造带、前进构造带和双龙构造带, 而东北部的孤店断隆和中、西部以发育 CO_2 气层为主(图 1)。

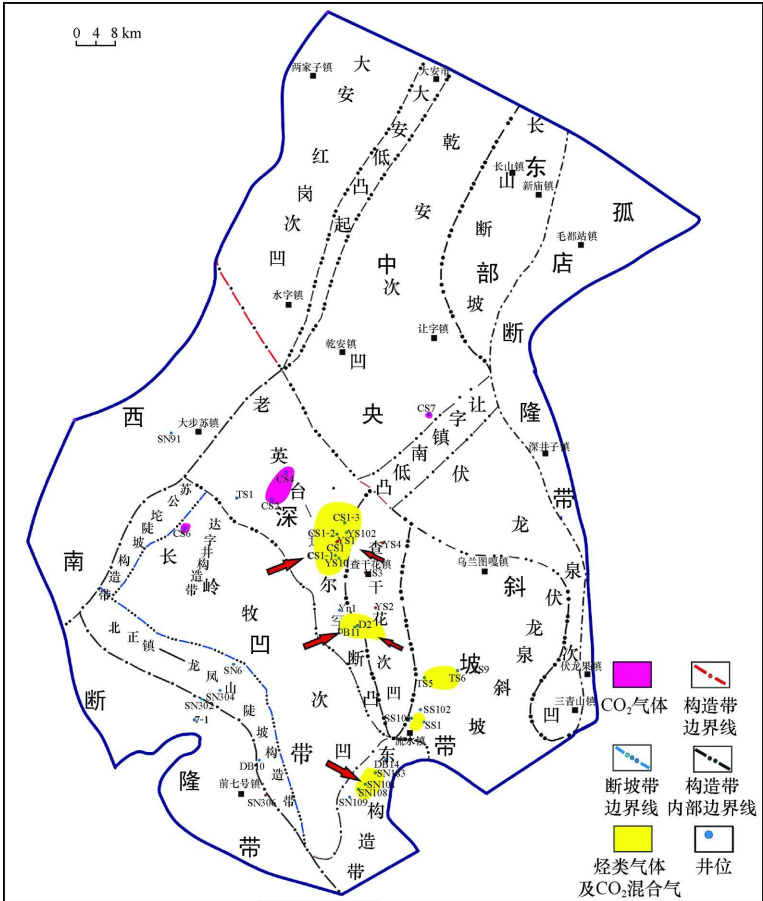


图 1 长岭断陷天然气藏分布

Fig. 1 Gas pool distribution in the Changling fault depression

但在不同构造带天然气层分布特征也存在一定的差异,其中腰英台构造带气层分布较广,厚度较大,达尔罕构造带所揭示的气层厚度也较大,但含气性相对较差。长岭断陷南部双龙构造带油气显示情况较差,气层厚度较小且层数较少。

1.2 纵向分布特征

长岭地区油气层分布广泛,但气层主要分布在断陷层营城组和登娄库组的火山岩中,这两个层位油层均不发育;泉头组以上地层以碎屑岩储层为主,泉头组既分布有油层,也分布有气层,青山口组及其以上地层只分布油层或拗陷层来源的油型气(图 2)。根据长岭断陷 15 口井录井和试油资料分析表明,营城组气层厚度分布范围为 1.50~13.00 m,平均值为 8.47 m;登娄库组气层厚度明显小于营城组,其厚度范围为 0.70~8.60 m,平均值为 2.58 m;泉头组气层厚度分布范围为 2.20~9.40 m,均值为 5.30 m。

1.3 不同岩性、岩相储层中天然气分布特征

长岭断陷发育碎屑岩和火山岩两大类储层。碎屑岩储层主要分布在泉头组一段和登娄库组,以河流相为主,储层物性较好;其次为营城组、沙河子组,为扇三角洲、湖相沉积,由于地层埋深较

大,成岩作用较强烈,砂岩储层物性较差。火山岩储层主要分布在营城组和火石岭组,为深层天然气的主要储集层。岩性是决定火山岩储集物性好坏的物质基础^[6-7]。研究区营城组和火石岭组火山岩储层以中基性、中酸性熔岩(玄武岩、安山岩、英安岩、流纹岩)和火山碎屑岩(凝灰岩)为主,含少量浅侵入岩。不同岩性的火山岩储层油气分布特征存在一定的差异,天然气主要分布在营城组的火成岩中,特别是爆发相凝灰岩和溢流相流纹岩储层中,凝灰岩中天然气储量在整个气藏中所占百分比近 55%,而流纹岩天然气储量约 25%(图 3)。

2 储层物性特征

碎屑岩和火山岩储层孔、渗关系比较复杂,且存在明显的差异,碎屑岩储层孔隙度与渗透率之间具有良好的相关性,其孔隙度和渗透率的分布范围分别为 0~20%和 $0.001 \times 10^{-3} \sim 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;火山岩储层孔隙度与渗透率之间的相关关系不明显,孔隙度和渗透率的分布范围分别为 3%~20%和 $0.01 \times 10^{-3} \sim 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,这类储层裂缝发育,孔隙度、渗透率变化较大。腰英台气田营城组含气井段孔隙度分布范围为 6.2%~13.6%,不含

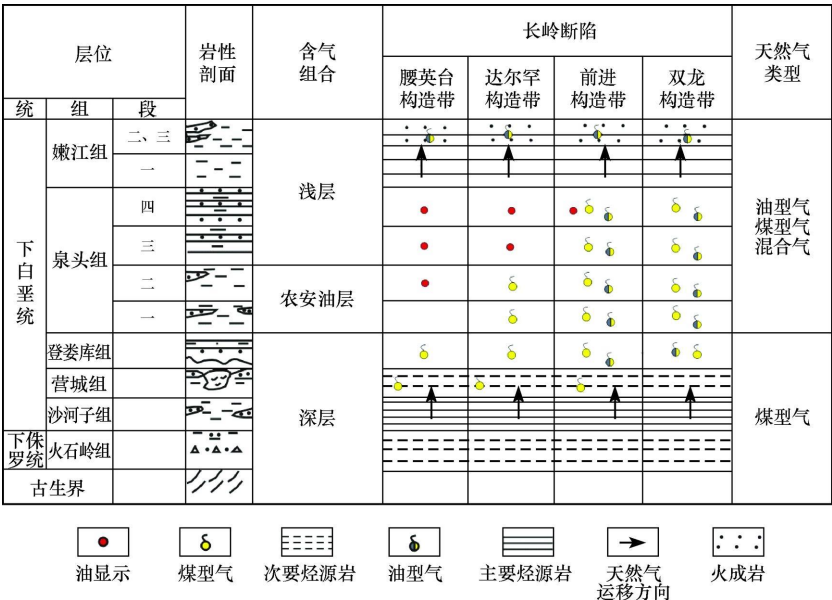


图 2 长岭断陷烃类气纵向分布

Fig. 2 Vertical distribution of hydrocarbon gases in the Changling fault depression

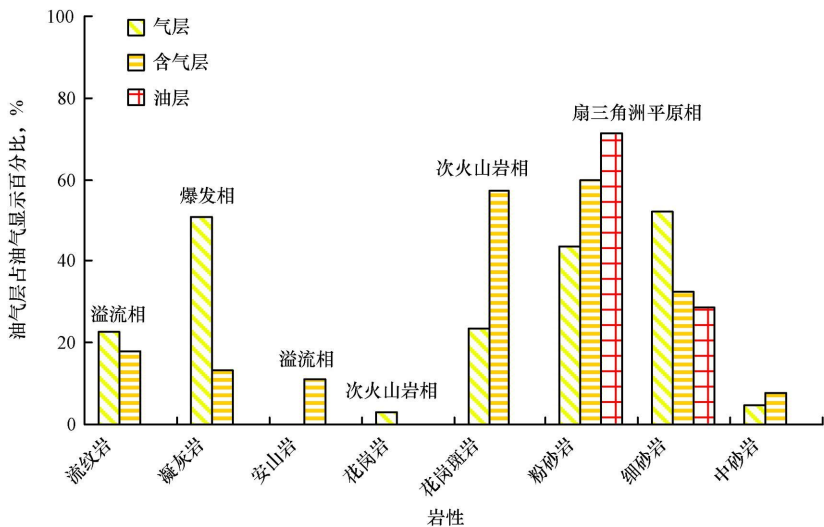


图 3 长岭断陷不同岩性、岩相油气层厚度百分比图

Fig 3 Thickness percentage of oil/gas intervals in different lithologies and lithofacies in the Changling fault depression

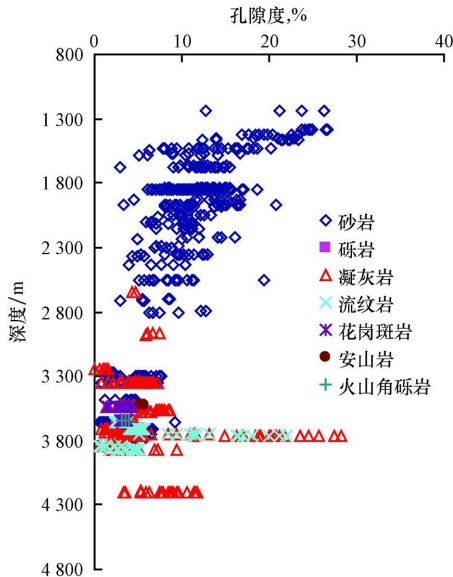


图 4 长岭断陷不同类型储层孔隙度随深度变化关系

Fig. 4 Depth vs porosity of different reservoirs in the Changling fault depression

气井段储层孔隙度明显变小, 分布范围为 1.6% ~ 5.1%。含气井段的储集物性相对好于不含气井段。由于火山岩的裂缝、孔洞不受深埋压实作用影响, 从而保持了良好的储集性能, 成为长岭地区天然气藏的主要储层 (图 4)。

3 成藏控制因素

长岭断陷火山岩气藏具有储量规模大、资源

丰度高的特点, 同时也具有埋藏深度大、储层类型多样、天然气成因复杂的特征, 研究表明, 长岭断陷火山岩气藏的成藏控制因素主要有烃源岩分布、火山岩相、早期圈闭、大断裂沟通和后期构造反转等因素。

3.1 烃源岩分布范围控制天然气的分布

长岭断陷主要发育火石岭组、沙河子组和营城组三套烃源岩, 沙河子组暗色泥岩占地层厚度的 50%, 营城组和火石岭组暗色泥岩厚度也分别占地层厚度的 30.14% 和 41.32%。长岭断陷发育 4 个生烃凹陷, 其中乾安次凹和长岭牧场次凹为研究区两个主要生烃凹陷, 这两个次凹内沙河子组暗色泥岩最大厚度均在 850 m 左右, 营城组暗色泥岩厚度最大厚度也均在 250 m 左右。其中沙河子组烃源岩主要发育在分割性较强的次凹中, 烃源岩在断凸带不甚发育, 生烃凹陷控制着天然气藏的分布^[8]。此外, 在研究区所揭示的营城组还发育了多套煤系地层, 煤层累计厚度可达 30~40 m, 单层厚度可达 1~5 m, 这些煤系烃源岩具有强持续生气能力, 为大规模成藏提供了丰富的煤成气源^[9]。

长岭断陷烃源岩有机质丰度均较高, 其中沙河子组和营城组烃源岩有机碳含量最大值均超过了 1.5%, 沙河子组烃源岩的生烃潜量均值为 12 mg/g。营城组和沙河子组烃源岩有机质均以 II 型干酪根为主, 主要为气源岩。沙河子组烃源岩在营

城组初期开始进入低成熟阶段,在营城组的中后期进入成熟阶段,营城组末期至登娄库组初期进入高成熟阶段,在登娄库组初期至泉头组初期进入过成熟阶段,4 200 m 以后进入干气阶段。营城组烃源岩到泉头组中期进入成熟阶段,至泉头组末期进入高成熟阶段,4 200 m 后进入干气阶段。这两套烃源岩均表现为持续生烃,尽管白垩纪末以后生气速率逐渐降低,但仍可以补充部分天然气。

目前发现的气藏或含油气构造均分布在有效烃源岩的周围或凹中凸起(隆起)区,且临近深部有效源岩发育区,如腰英台构造带,三面分别毗邻乾安次凹-查干花次凹和长岭牧场次凹,油气聚集条件最佳;达尔罕构造、双龙构造、东岭构造靠近长岭牧场次凹,气源条件较好;西南和西部断坡带上升盘离生烃中心相对较远,油源条件相对较差,但下盘紧邻生烃凹陷,油源条件较好,只要具有储层及圈闭条件就有可能形成油气藏。

气源分析结果表明,研究区不同构造带天然气组成及同位素特征均存在一定的差别,尤其是天然气成熟度特征存在明显差异,如腰英台构造天然气及储层沥青的成熟度明显高于东岭构造和双坨子构造,且与各自所在区域的烃源岩存在很好的对应关系,表明研究区天然气的分布特征受到烃源岩分布范围及生烃强度的控制(图 5)。

3.2 火山岩体及其有利储集相带控制气藏的形成与分布

长岭断陷火山岩主要发育于火石岭组和营城组,岩性复杂多样,从基性到酸性均有产出,但以中酸性为主。火山岩冷凝产生原生气孔和收缩裂隙,后期通过淋滤、再埋藏溶蚀和裂缝改造等作用形成优质储层。由于火山岩脆性强应力易集中,构造强烈时容易遭受破坏形成渗透性好的裂缝。火山岩储层一般比较发育宏观的气孔和裂缝,呈现双重孔隙介质储层特点。由于火山岩比较坚硬,抗压实能力较强,在埋藏过程中受机械压实作用的影响较小,使得火山岩的孔隙比其它岩石更容易保存下来^[10]。同时受化学成岩作用影响较小,孔隙演化主要取决于火山岩原始喷发岩性、岩相和后期构造运动等的改造作用,基本不受埋深的控制,在深层仍能保存较好的储集空间^[11]。一般溢流相熔岩的顶底,爆发相火山角砾岩等物性

条件较好,有利火山岩相主要为溢流相和爆发相的中酸性凝灰岩、流纹岩、原地溶蚀角砾岩(图 6)。营城组火山岩厚度大,分布广泛,储集物性好,是研究区深层天然气的优质储层^[12]。

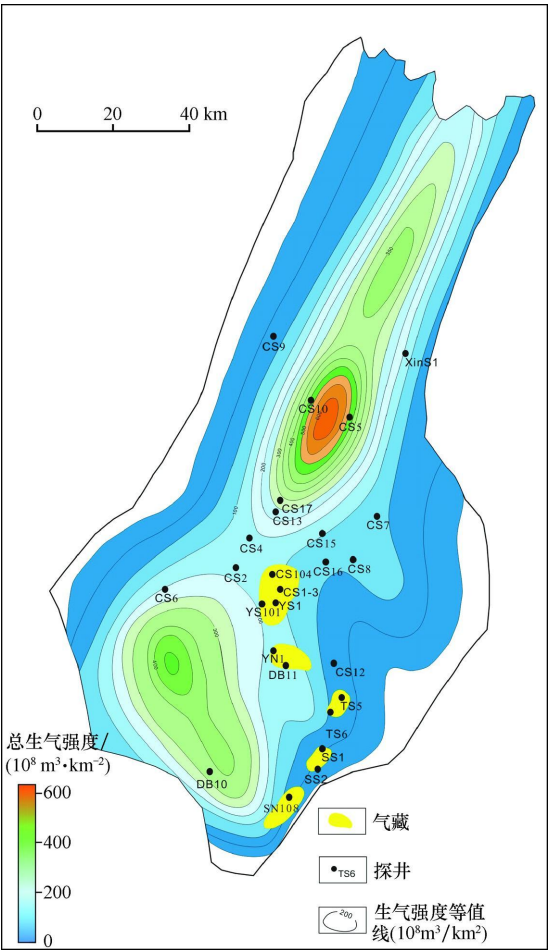


图 5 长岭断陷烃源岩总生气强度与气田分布
Fig. 5 Contour of total gas generating intensity and gas field distribution in the Changling fault depression

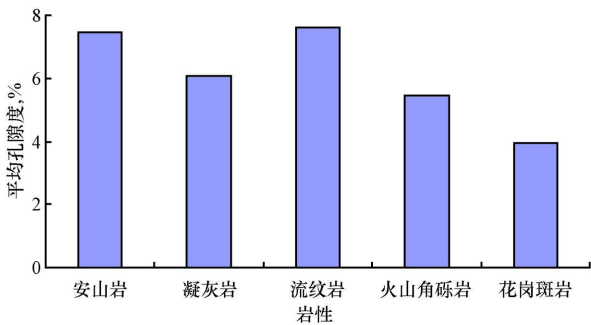


图 6 长岭断陷深层各类火山岩物性对比
Fig. 6 Comparison of reservoir quality of different volcanic rocks in deep Changling fault depression

3.3 深大断裂控制天然气的聚集和分布

深大断层在研究区油气成藏中的作用主要表现在两个方面(图 7): ①控制火山岩的分布与发育; ②在油气运聚过程中主要起通道和封堵作用, 从目前松南深层发现油气田看, 深大断裂主要起通道作用。

研究区火石岭-沙河子组-营城组断层发育, 登娄库组断层相对较少, 显示断裂活动经历了由强到弱的变化历程。断陷期继承性断裂呈北北西向、近南北向展布, 具有断裂规模大(基底深大断裂)、延伸距离远(全区分布)、活动时间长(火石岭期至营城期持续活动)等特点; 两组继承性断裂交汇部位对火山岩规模、岩相具有控制作用, 断距约 500~1 000 m 的深大基底断裂控制形成大规模火山喷发, 沿深大断裂发育多个火山岩喷发通道^[13-14]。断陷西部烃源岩不发育, 而生烃中心离构造较远, 油气需要跨越巨厚的营城组下覆火山岩到达营城组顶部在正向构造上聚集, 因而输导条件对研究区油气藏的形成与分布起着至关重要的作用。

长岭断陷发育几组不同展布方向、不同时期形成的大断层, 这些大断裂纵向上把相距较远的烃源岩与圈闭连接起来, 成为沟通烃源岩与圈闭的桥梁, 如断陷期形成的大断裂切割沙河子组、营城组, 多数终止于 T₄ 区域性角度不整合面, 沟通深凹带的沙河子组、营城组两套烃源岩与构造高部位的营城组、登娄库组及其上覆的储层。断层空间延伸控制

着天然气在垂向上运移的最大距离, 在一定程度上也就决定了天然气在空间上运聚成藏的范围, 从而, 受大断裂控制的深层构造带或火山岩带为最有利天然气富集区, 目前在断陷层发现的气藏, 如腰英台气藏、双龙气藏等都是以断层或断层与不整合面组合作为输导层的。同时, 叠合连片的巨厚流纹岩、流纹质凝灰岩, 既是主要的储集岩, 又是油气大规模侧向运移汇聚通道^[9-13]。

3.4 古隆起、古斜坡和火山口背景下形成的早期圈闭有利于油气聚集

长期继承性古隆起是油气聚集的有利场所, 各期火山喷发形成的火山岩体与低幅隆起构造相组合, 形成一系列受火山控制的火山岩-低幅隆起构造复合圈闭^[15]。古隆起之上及其附近发育各种类型的圈闭, 如基岩风化壳、披覆背斜、断块、断层遮挡和断层-岩性等圈闭, 以及古隆起两侧发育的地层超覆圈闭。长岭断陷中部发育中央隆起带, 位于乾安次凹和长岭牧场次凹之间, 以其优越的地理位置具有双向供烃的有利条件, 同时形成早, 构造圈闭发育, 各种成藏条件最为有利, 是有利的油气富集场所。长岭断陷已发现的气田的分布都存在这样的规律, 即它们几乎都位于近源的古构造或基底大断裂控制的古隆起上。

古斜坡区为天然气长期运移指向区, 而且沿上倾尖灭方向易形成地层-岩性圈闭, 也是天然气成藏的有利场所(图 8)。研究区东部斜坡带是古

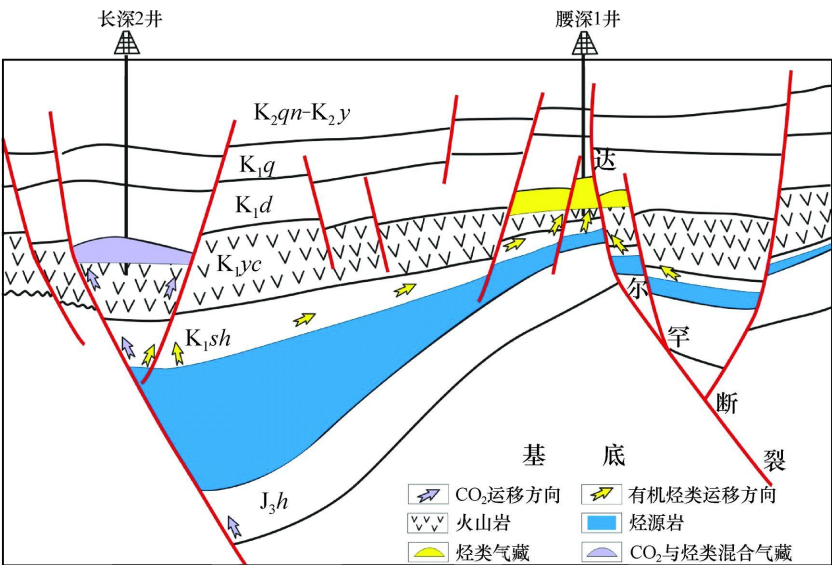


图 7 长岭断陷构造-火山岩气藏形成模式

Fig. 7 The gas accumulation patterns of structural+volcanic gas pools in the Changling fault depression

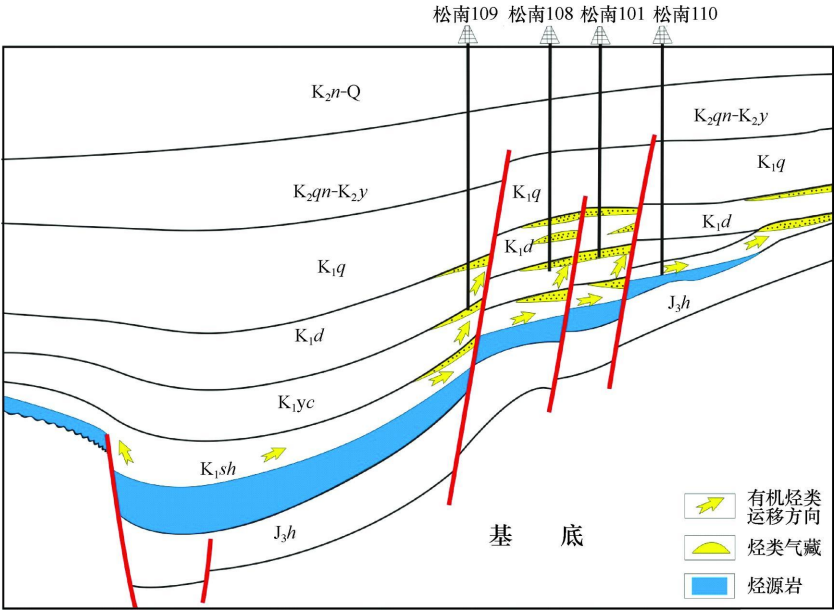


图 8 长岭断陷构造-地层尖灭气藏形成模式

Fig. 8 Gas accumulation pattern of structural pinchout gas pools in the Changling fault depression

中央隆起的一部分, 营城组沉积时期开始发育, 登娄库组和泉头组沉积时期进一步发展, 嫩江组沉积后东南隆起开始抬升, 构造高部位向东南迁移, 使之成为东南隆起的斜坡。

3.5 晚期构造反转在深层天然气成藏过程中起重要作用

长岭地区主要有两类反转构造, 一类是与控盆断裂有关的反转构造, 另一类是断陷中部反转构造。反转构造为油气聚集提供了丰富的圈闭, 既可形成次生油气藏, 也可形成原生油气藏。反转构造有利的原因是由于这些部位原先大多处于深断陷之中, 烃源条件好, 断裂的反转作用使之易于捕获油气, 形成油气富集。特别是早期的反转构造, 由于埋藏浅, 物性好, 可形成多层系含油气局面, 且产量较高。同时, 构造反转还可以使原盆地斜坡下倾尖灭的砂体变为上倾尖灭, 形成岩性圈闭。反转作用产生规模不等的断裂或导致早期的一些生长断层重新活动, 对早期形成的油气起到破坏调整作用, 另外对后期生成的油气起到输导作用, 从而使油气能够运移上来进入反转构造形成油气藏。

长岭断陷东部在嫩江组沉积末期-明化镇组沉积末期发生了强烈构造变形, 形成一系列晚期背斜构造, 以明化镇组沉积末形成的大型背斜或鼻状构造控气为特征, 有利于次生油气藏的形成,

如华字井凸起带上的大老爷府构造、双坨子构造、双龙气田, 油气层的垂向运移活动较强, 从而使该带次生油气藏也十分发育^[15-16]。嫩江组沉积末期-明化镇组沉积末期构造稳定区以原生油气藏勘探为主, 断陷中、西部嫩江组沉积末期-明化镇组沉积末期构造运动微弱, 缺乏背斜构造, 浅层拗陷层断层与深层断层沟通性差, 深层原生油气藏保存条件好, 发育在生烃断凹中的大型基底隆起、地层超覆尖灭、火成岩体 3 种类型圈闭是最有利的勘探目标。

4 结论

- 1) 烃类气藏主要分布在长岭断陷中部低凸起带腰英台、达尔罕构造及东部斜坡带双龙构造; 气层主要分布在营城组和登娄库组; CO₂ 气藏主要分布在中西部地区的营城组, 工业气层主要分布于营城组爆发相凝灰岩和溢流相流纹岩储层中。
- 2) 不同类型火山岩储集物性差异明显, 溢流相流纹岩和爆发相凝灰岩储集物性最好。火山岩的孔渗不受埋深、成岩作用的控制, 在深层可保存良好的储集性能。
- 3) 沙河子组湖相烃源分布区、优质火山岩储层分布区、继承性隆起三位一体是长岭断陷天然气规模成藏的关键控制因素。

参 考 文 献

[1] 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 .
Deng Yusheng Wangyun Zhuguisheng et al The feature of igneous rocks and its controlling on reservoir in the Changling fault Depression of the South of Songliao basin [J]. China Petroleum Exploration, 2003 8(3): 31- 37 .

[2] 陆建林, 王果寿, 蔡进功, 等. 长岭断陷火山岩气藏勘探潜力 [J]. 天然气工业, 2007, 27(8): 13- 15
Lu Jianlin Wang Guoshou Cai Jingong et al An analysis of exploration potential of volcanic gas pools in Changling fault depression [J]. Natural Gas Industry 2007, 27(8) : 13- 15

[3] 周荔青, 雷一心. 松辽盆地断陷层系大、中型油气田形成条件及勘探方向 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 820- 826
Zhou Liqing Lei Yixin Formation conditions for middle and large oil/gas fields in rift sequences of Songliao basin and their future exploration targets [J]. Oil & Gas Geology, 2006 27(6): 820- 826

[4] 周荔青, 吴聿元, 张淮. 松辽盆地断陷层系油气成藏的分区特征 [J]. 石油实验地质, 2007 29(1): 7- 12
Zhou Liqing Wu Yuyuan Zhang Huai Zoned-distribution of oil and gas accumulation in fault depressions in the Songliao basin [J]. Petroleum Geology & Experiment 2007, 29(1): 7- 12

[5] 曲爱英, 孟元林, 肖丽华, 等. 储层质量钻前预测方法技术—以松辽盆地汪家屯地区为例 [J]. 石油实验地质, 2005 27(1): 94- 97
Qu Aiyang Meng Yuanlin Xiao Lihua et al Study on predrilling reservoir quality prediction-taking Wangjiatun region, the Songliao basin as an example [J]. Petroleum Geology & Experiment 2005 27(1): 94- 97.

[6] 罗静兰, 邵红梅, 张成立. 火山岩油气藏研究方法 with 勘探技术综述 [J]. 石油学报, 2003 24(1): 31- 38
Luo Jinglan, Shao Hongmei Zhang Chengli Summary of research methods and exploration technologies for volcanic reservoirs [J]. Acta Petrolei Sinica 2003 24(1): 31- 38.

[7] 赵海玲, 刘振文, 李 剑, 等. 火山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, Lijian et al Petrologic characteristics of igneous rock reservoirs and their research orientation [J]. Oil & Gas Geology, 2004 25(6): 609- 613

[8] 谢忱, 胡纯心. 松辽盆地长岭断陷南部天然气成藏与富集特征 [J]. 石油与天然气地质, 2010 31(3): 381- 385.
Xie Chen Hu Chunxin Gas accumulations and distribution features in the south of the Changling fault depression in the Songliao basin [J]. Oil & Gas Geology, 2010 31(3): 381- 385

[9] 金晓辉, 林壬子, 任延广, 等. 松辽盆地北部深层天然气成藏动力系统及空间分布特征 [J]. 石油实验地质, 2005, 27(3): 260- 264.
Jin Xiaohui Lin Renzi Ren Yanguang et al Reservoir-forming dynamic system and distribution of deep-seated natural gas in the northern part of Songliao basin [J]. Petroleum Geology & Experiment 2005, 27(3): 260- 264

[10] 陆建林, 王果寿, 朱建辉, 等. 长岭凹陷深层成藏主控因素及勘探方向分析 [J]. 石油天然气学报, 2006 28(3): 26- 28.
Lu Jianlin Wang Guoshou, Zhu Jianhui et al Major control factors of deep reservoirs in changling depression and its direction of exproation [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2006 28(3): 26- 28.

[11] 蒙启安, 门广田, 赵洪文, 等. 松辽盆地中生界火山岩储层特征及对气藏的控制作用 [J]. 石油与天然气地质, 2002 23(3): 285- 292 .
Meng Qian Men Guangtian Zhao Hongwen et al Characteristics of Mesozoic volcanic rocks and its controlling effect on gas reservoir in Songliao basin [J]. Oil & Gas Geology, 2002 23(3): 285- 292

[12] 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 fomatation in the Shengping gas field in the Songliao basin [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(6): 748- 757.

[13] 杨铭辉, 郭力, 赵洪涛, 等. 松辽盆地南部东南隆起区储层特征 [J]. 石油实验地质, 2006, 28(4): 330- 334.
Yang Minghui Guo Li Zhao Hongtao et al Reservoir characteristics in the southeast uplift the south of Songliao basin [J]. Petroleum Geology & Experiment 2006 28(4): 330- 334.

[14] 郭少斌. 松辽盆地东岭地区幕式成藏分析 [J]. 石油实验地质, 2005 27(2): 134- 137.
Guo Shaobin. Analysis of episodic pool formation in Dongling area, the Songliao basin [J]. Petroleum Geology & Experiment 2005 27(2): 134- 137.

[15] 何兴华, 松南下白垩统天然气成藏主控因素与成藏规律 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 75- 80
He Xinghua An analysis of main control factors and accumulation patterns of gas reservoir in lower Cretaceous in southern Songliao basin [J]. Oil & Gas Geology, 2004 25(1): 75- 80.

(编辑 张亚雄)