

文章编号:1001-6112(2010)02-0115-05

长岭断陷东部地区 火山岩形成的构造控制作用研究

王德喜^{1,2}, 陆建林³

(1. 中国地质大学, 武汉 430074; 2. 中国石油化工股份有限公司 东北油气分公司, 长春 130062;
3. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要:长岭断陷火山岩是天然气勘探新领域,通过对长岭断陷火山岩岩性、岩相进行系统分析,结合构造旋回演化及火山喷发强度的变化,对火山活动旋回进行了系统划分,将营城组划分了三级及四级旋回;对长岭东部地区构造对火山岩分布发育的控制作用进行了剖析,火山岩时空分布受构造的控制作用明显,构造运动和后期改造是控制火山岩及其圈闭的主要因素。

关键词:火山岩气藏;火山岩相;火山旋回;营城组;长岭断陷;松辽盆地

中图分类号:TE122.222

文献标识码:A

STUDIES OF LAVA DEVELOPING FEATURES AND THE ACTION OF TECTONISM OF EASTERN AREA OF CHANGLING FAULT DEPRESSION

Wang Dexi^{1,2}, Lu Jianlin³

(1. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei, 430074, China;

2. Northeast Company, SINOPEC, Changchun, Jilin 130062, China;

3. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: Volcanic rocks are well developed in the Changling Fault Depression. The lithology and lithofacies had been analysed systematically. The volcanic activity cycles of the Yingcheng Group had been divided into third and fourth cycles according the research of the evolution of tectonic cycle and the changes in intensity of volcanic eruptions; The controll process of the structure of Changling eastern area had been anatomized, and it obviously controlled the spatial and temporal distribution of volcanic rocks. The tectonic movement and later reconstruction are the main controll factors of volcanic rock traps. Fault zones are the favorable regions of volcanic reservoir exploration.

Key words: volcanic gas reservoir; volcanic facies; volcanic cycles; Yingcheng Formation; Changling Fault Depression; Songliao Basin

东北地区中生代岩浆侵入和喷出活动频繁而强烈,火山岩在松辽盆地断陷层广泛分布,并具有旋回发育特征,火石岭组和营城组尤为发育,构成断陷层地层的重要组成部分。火山岩储层由于缝洞及气孔发育,储集性能好,是主要的深层储层。长岭断陷位于松辽盆地中央断陷带中南部(图 1),近年在火山岩勘探中取得较大突破,成为深层油气勘探的重要领域^[1-2]。

本文从火山岩的形成分布特征、控制因素等方面阐述长岭断陷东部地区(重点是腰英台—查干花地区)营城组火山岩发育特征及其控制因素,为火

山岩储层及圈闭的分布研究提供参考。

1 火山岩岩性特征

1.1 火山岩岩性特征

长岭断陷营城组火山岩非常发育,喷发期次多、厚度大,钻井揭示最大厚度近千米。火山岩岩性变化范围大,从基性玄武岩、中性安山岩到酸性流纹岩均有发育,局部地区发育从基性到中性的完整旋回,营城组顶部普遍发育一套酸性流纹岩和凝灰岩,并在平面上呈现南北、东西分带的特征。

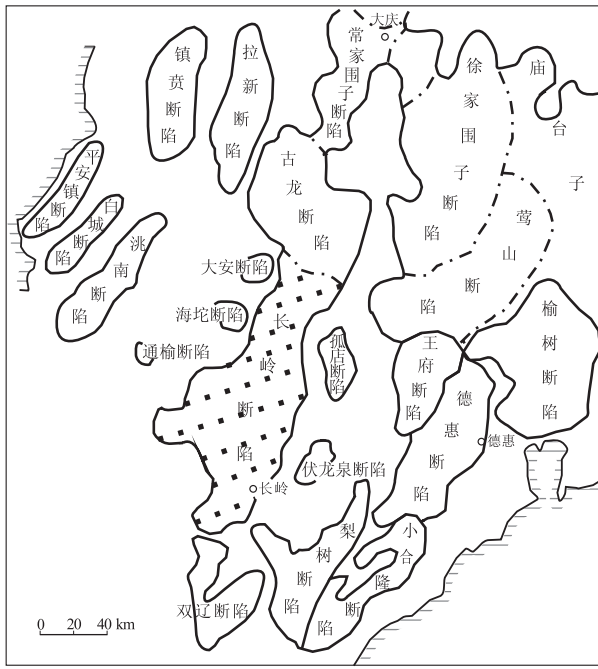


图 1 松辽盆地长岭断陷构造位置示意

Fig. 1 The structure location of the Changling Fault Depression of the Songliao Basin

1.1.1 火山熔岩类特征

目前已钻遇的熔岩有玄武岩、安山岩、流纹岩、英安岩。

长岭断陷有多口井钻遇玄武岩,且都位于已钻遇层位的下部和断陷的东南部,钻遇厚度最大的是 DB10 井,其次是 DB11 井。根据东北地区火山岩的分带特点,本类岩石应为本地区主要的一类火山岩。安山岩也有多口井钻遇,钻遇厚度和玄武岩相近。流纹岩和英安岩都属于酸性喷出岩,大部分位于营城组的上部。流纹岩是本区最重要的火山岩储层之一,纵向上主要发育在营城组上部,平面上在本区中东部、东北部尤为发育,厚度可达数百米。

1.1.2 火山碎屑岩类特征

典型的火山碎屑岩按颗粒大小可分为集块岩、火山角砾岩和凝灰岩。本区揭示的火山碎屑岩主要有凝灰岩,见少量角砾岩。同流纹岩一样,凝灰岩也为本区最重要的火山岩储层之一,大部分井钻遇该岩类,且大都有油气显示,说明凝灰岩分布广泛且具勘探潜力。

1.1.3 侵入岩类特征(次火山岩类)

本区钻探的侵入岩包括两类,即基性侵入岩和酸性侵入岩,DB11 井钻探的辉绿岩为基性侵入岩,DB11 和 DB14 钻探的斜长花岗岩和花岗碎斑岩为酸性侵入岩,腰深 2 井钻遇的花岗斑岩也为酸性浅成侵入岩。

1.1.4 火山沉积岩类

火山沉积岩形成受沉积作用和火山作用的双重控制,物质组成来源于火山碎屑和陆源碎屑,火山碎屑物的数量可多可少,离火山口越近火山碎屑物越多。DB10, DB14 井中见到火山沉积岩, DB10 井尤其发育,主要为沉凝灰岩、沉火山角砾岩、凝灰质泥岩。

1.2 长岭断陷火山岩纵向旋回发育特征

通过层序地层研究及火山岩发育特征的分析,确定长岭断陷构造演化经历了两次裂、断陷旋回、一次大的拗陷和后期反转抬升及盆地萎缩期等构造演化阶段。火石岭—沙河子期断陷为第一裂陷期,之后运动停止,部分地区发生微小的反转抬升,形成区域性不整合;营城—登娄库期断陷为第二裂陷期,该阶段区域伸展方向与第一裂陷期有所变化;营城期末进入断拗转换期。整个登娄库期为断拗过渡时期,地层沉积比较稳定,厚度比较大。登娄库期以后的整套白垩纪地层均是拗陷阶段的沉积。到晚白垩世末期,区域挤压、反转、隆升、剥蚀。到新生代,盆地进入萎缩阶段。

构造演化阶段制约着沉积旋回,同时也制约着火山旋回。如果将断陷期作为一个一级旋回,则断陷期可以划分为两个火山活动二级旋回,即分别是火石岭—沙河子旋回、营城—登娄库期旋回,每一个二级旋回又可划分为若干个三级火山活动旋回。

利用钻探和地球物理资料对火山岩地层进行了喷发旋回和期次的划分,认为营城组可划分为 3~4 个三级喷发旋回和若干个四级旋回(图 2)。不同旋回火山喷发特点也有差异,既有爆发式喷发、溢流式喷发,也有混合式喷发。在营城组沉积早期基本上以溢流式喷发为主,中晚期以混合式喷发为主。营城期从早期到中晚期,火山爆发次数和爆发强度增加,火山活动有逐渐加强的特点,但中期有火山活动间歇阶段,腰深 2 等井揭示间歇期沉积了一套以砂砾岩为主的碎屑岩地层。在营城末期形成了以厚层的凝灰岩和流纹岩为主的火山岩地层。每个旋回(或亚旋回)还有多次的火山喷发作用,导致不同期的火山岩相互叠置,形成十分复杂的结构。不同地区喷发特点区别较大。

对营城组完整旋回的划分依赖于钻井、测井和地震资料的综合应用。图 3 为过腰英台地区南北向地震剖面,图中清晰地显示了营城组 4 个次一级火山喷发旋回(I—IV)。从下向上岩浆分布范围逐渐减小,有向酸性岩浆过渡的趋势。该剖面反映了营城组从早期到晚期由基性喷发逐渐过渡到酸

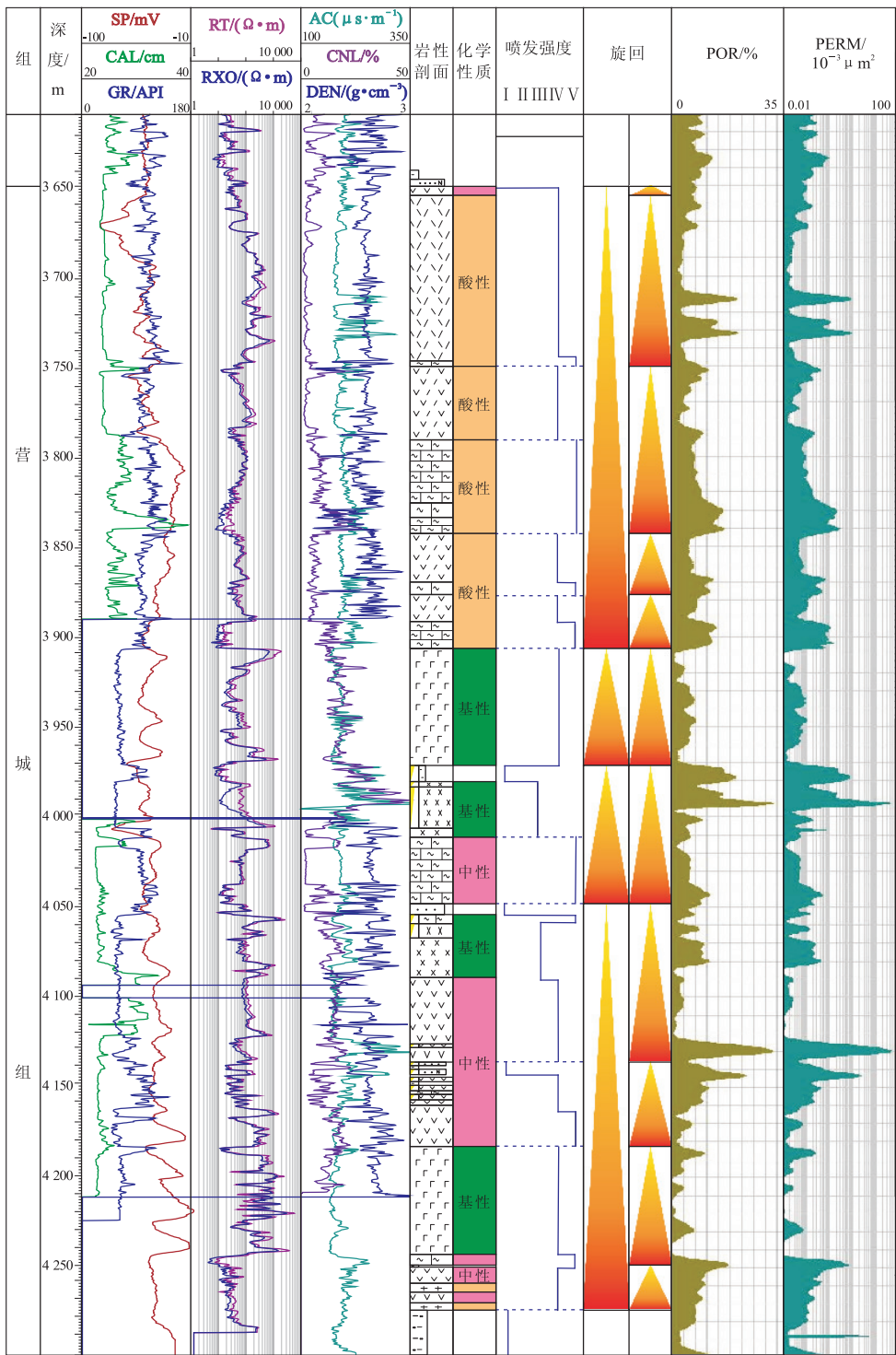


图 2 松辽盆地长岭断陷 DX1 井火山活动旋回划分

Fig. 2 Volcano activity cycles of Well DX1 in the Changling Fault Depression of the Songliao Basin

性喷发的特征。

1.3 火山岩平面分布的分带性

长岭断陷火山岩的分布可分成 3 个带,即南带、中带和北带^[3]。

南带以 DB10 井中心式喷发形成的中、基性火山岩体为代表,主要分布在长岭断陷南部地区。中带火山岩最为发育,沿近南北向断裂连片大面积分

布,覆盖老英台—伏龙泉低凸起大部分地区。明显地形成了以深大断裂控制的裂隙式喷发形成的巨型熔岩体,并沿断裂呈条带状规律性展布。尤以晚期酸性火山岩(包括流纹岩和凝灰岩)最为发育,火山活动最强。

北带主要在乾安断陷,火山岩也呈连片分布,尽管面积不小,但火山岩体数量明显减少。

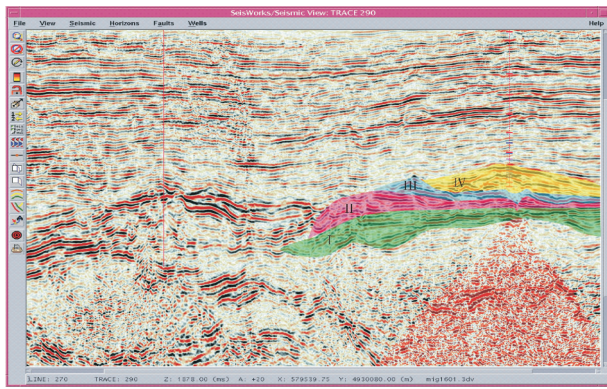


图 3 长岭断陷过腰英台南北向地震剖面

Fig. 3 Seismic section in the SN direction across Well YX1 in the Changling Fault Depression

1.4 火山岩相分布特征

许多学者由于研究目的不同、认识的限制,对火山岩相有不同的划分,形成多种划分方案。陶奎元、邱家骧^[4-5]划分了 11 种火山岩相,谢家莹^[6]等划分出 13 种岩相。刘文灿等通过对大别山北麓安徽金寨—河南商城一带上侏罗统金刚台组火山岩研究,划分出爆发相、喷溢相、喷发—沉积相、潜火山岩相。

陈建文等^[7]、王璞珺等^[8]、谢家莹等^[9]都从不同角度对松辽盆地营城组及火石岭组火山岩相进行了研究,分别将松辽盆地徐家围子断陷内火山岩划分为 4~6 种岩相类型,包括溢流相、喷溢相、爆发相、火山碎屑流相、基底涌流相和火山—沉积相。蒙启安等^[10]根据火成岩系的产出状态及其空间分布规律,将松辽盆地深层火山岩相划分为 2 种相带共 5 种亚相。

随着火山岩油气藏的不断发现和研究工作的逐步深入,对火山岩相的划分方案也在增加,但划分方案总体差异不大,没有能够象沉积相划分一样比较成熟。

结合前人划分方案和长岭断陷实际勘探情况,长岭断陷火山岩相分为 5 种相,即溢流相、爆发相、火山通道相、潜火山岩相、火山沉积相。

火山岩有利储层受岩相及其在火山机构所处位置控制,对油气聚集影响很大。从目前的勘探分析,长岭断陷溢流相和爆发相的近火口亚相比较有利,尤其是溢流相的上部微相和爆发相的上部和下部微相均是非常有利的勘探层位,可成为好的储层。

2 火山岩形成特征及其控制作用

2.1 断陷构造演化特征

晚侏罗世,由于上地幔岩石圈的上隆,地壳张

裂,沿裂隙出现大规模的中基性火山喷发,早期的部分冲断层负反转为铲式正断层,形成了火石岭期铲状正断层控制的一系列箕状凹陷火山盆地。早白垩世沙河子期为火山作用间歇阶段,但拉张作用继续,北东—南西向拉张,北北东向断裂左行走滑,北西走向的铲状正断层拉分,控制箕状断陷进一步发育,沉积作用仅局限在箕状断陷中。火山喷发只是局部的、小范围的,主要为断陷的稳定沉积作用。沙河子末期断陷盆地发生挤压反转,形成北西向背斜和逆冲断层,以及沙河子组与营城组之间的角度不整合。

营城期北北东向断裂走滑剪切作用加强,深切岩石圈,成为地壳薄弱带并使地壳变薄,地幔热流沿剪切带上涌,上地幔隆起,沿剪切带两侧的伸展作用加强,又开始新一轮火山作用旋回。营城早期沉积主要表现为拉张凹陷内的填平补齐,到晚期拉张作用趋于结束,沉积范围扩大,形成了松辽盆地的雏形。营城末期发生挤压,盆地大范围隆升剥蚀,形成区域性角度不整合面。

2.2 东部地区火山岩形成特征

构造活动不仅控制了火山活动旋回,也控制了火山活动时空分布。通过对长岭东部三维地震工区的火山岩精细地震解释,认为长岭营城组火山岩的发育在东部地区具有如下特点:

2.2.1 火山活动期次

腰英台—达尔罕地区(达尔罕断裂西翼)火山活动可分 3 个三级旋回,11 个四级旋回,活动期次多,火山岩厚度大,且岩性从基性到酸性均有发育,构成一个完整的岩性旋回。各个旋回之间,火山活动间歇时间短,沉积地层薄。断裂在东查干花地区,具有另外的特点,整个营城期仅发育酸性火山岩(凝灰岩和流纹岩等),不发育中基性火山岩,说明火山活动较晚,达尔罕断裂两侧活动具有明显的差异性。其火山岩仅发育 2 个三级旋回,旋回之间是一个长的活动间断,沉积了大套的碎屑岩。因此发育时间晚于断裂西翼,在活动次数上也少于西翼,这与达尔罕断裂东翼幕式下掉有关。

2.2.2 火山活动时间

查干花地区火山活动时间开始于腰英台—达尔罕地区火山活动的中后期,是达尔罕断裂产生明显位移,东掉以后才开始的。这是该地区营城期的首次火山活动,这次火山活动规模较小,同时还受东翼乾安断裂的控制,因此,形成的火山岩厚度较小,尤其是在查干花东翼仅分布薄层火山岩,厚度一般在 100 m 以内。初期的火山活动结束后,盆

地进入湖扩展期,产生稳定的碎屑岩沉积,在查干花深凹区厚度可达 400 m 以上。在这一期间,查干花地区一直处于稳定沉积阶段,没有火山活动。而达尔罕断裂西翼及其它地区仍有火山活动。之后,在区域构造作用下,达尔罕断裂继续活动,新的一期火山活动开始,形成大规模的酸性火山喷发。由于该断裂的活动,断裂东侧地层下掉,产生较大位移,该位移的产生,在查干花地区从西向东产生一系列的近 NNW 向东掉正断层。剧烈的、高强度的岩浆活动,使岩浆沿着这些断裂上涌,形成剧烈的喷发,构成营城组最后一期火山喷发。同时在腰深 2—腰深 4 井一带形成酸性岩浆侵入,导致先期形成的地层强烈上拱,形成底劈构造。由于次生断裂发育,火山活动强烈,导致后一期火山活动沿次生断裂普遍发育,火山岩横向叠置,火山口沿断裂呈串珠状分布,形成近 NNW 向的条带状构造。因此,由于达尔罕断裂的幕式活动使断裂东翼地区火山活动和火山岩分布呈现明显的规律性。

2.2.3 构造对火山构造带形成的控制

东岭地区在营城期是一个继承性的古隆起,受查干花西断裂和达尔罕断裂南延部分的控制,使这一古隆起和长岭牧场形成一个构造应力带,因此断裂南北火山活动具有明显不同的特点,火山岩的分布也具有明显不同的特点。断裂南翼(东岭地区)在营城期火山活动仅有 1~2 期,且仅分布中性的凝灰岩(代表性的如龙深 1 井等),而断裂北翼无论火山活动期次和规模都要大得多。断裂北翼最靠近东岭地区的双深 1 井发育有近 250 m 的酸性凝灰岩,与紧邻的断裂南翼的双深 2 井大相径庭。因此,断裂的控制作用及其造成的分带性明显。

2.3 深大断裂的主控作用

大型构造主要分布于长岭断陷两侧,包括背斜、断背斜、鼻状构造等构造样式。受深大断裂走滑作用控制,在长岭断陷发育 3 个与北西向断裂走滑作用相关的走滑挤压继承性鼻状隆起带,分别是老英台低凸起、龙凤山—东岭构造带、八十八构造带,对天然气成藏的控制作用明显,是油气勘探的有利区带。区带内腰深 1 井营城组火山岩获高产工业气流,展示了复合圈闭大面积含气的场面。这些大型构造为构造油气藏、构造—岩性油气藏的形成提供了有利条件,是寻找构造—岩性油气藏的有力勘探目标区^[11-12]。

长岭中央断裂带在左行张扭应力场控制下,在其两侧形成了大量成带分布的 NW 向次级断层。次级断层与火山岩体配置,有利形成构造—火山岩

岩性圈闭,同时控制了断裂两侧的油气分布。

构造运动是火山活动的原始动力,火石岭组和营城组 2 期大的火山活动旋回受控于这一动力学背景,主要是深大断裂走滑、拉张作用的结果。这些断裂控制着火山岩体沿大断裂带分布,形成中心式喷发、裂隙式喷发以及混合式喷发等多种火山喷发类型,同一断裂不同部位活动时间的先后控制火山喷发的先后和岩性的变化,并使火山岩体的分布具有明显的分带性和岩性分布的差异性。

3 结论

长岭断陷火山岩受构造的控制作用明显,各构造带火山岩的差异分布、旋回特性明显。这种控制作用使火山岩的分布研究具有了预测功能,给下一步火山岩储层的预测和火山岩的勘探提供了依据,使火山岩的地球物理解释具有了针对性。

随着松辽盆地营城组火山岩油气勘探不断突破,对火山岩成藏研究和勘探领域预测日趋重要,而构造运动和后期改造是控制火山岩圈闭的主要因素,断裂发育的程度不仅控制了火山岩的分布,也控制了火山岩圈闭的分布,因此断裂带应是火山岩油气藏勘探的最重要地区。

参考文献:

- [1] 秦伟军,刘超英,谈凤其,等. 松辽盆地长岭断陷火山岩相与天然气成藏关系[J]. 石油实验地质,2008,30(4):328—332.
- [2] 吴群,周荔青. 松辽盆地长岭断陷东部大中型火山岩(油)气田形成分布特征[J]. 石油实验地质,2009,31(1):40—45.
- [3] 陆建林,全书进,朱建辉,等. 长岭断陷火山喷发类型及火山岩展布特征研究[J]. 石油天然气学报,2007,29(6):29—32.
- [4] 陶奎元. 火山岩相构造学[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1994:12—31.
- [5] 邱家骧,陶奎元,赵俊嘉,等. 火山岩[M]. 北京:地质出版社,1996:10—22.
- [6] 谢家莹,陶奎元. 中国东南大陆中生代火山地质及火山—侵入杂岩[M]. 北京:地质出版社,1996:40—71.
- [7] 陈建文,王德发,张晓东,等. 松辽盆地徐家围子断陷营城组火山岩相和火山机构分析[J]. 地学前缘,2000,7(4):371—379.
- [8] 王璞瑛,陈树民,刘万洙,等. 松辽盆地火山岩相与火山岩储层的关系[J]. 石油与天然气地质,2003,24(1):18—27.
- [9] 谢家莹,蓝善先,张德宝,等. 运用火山地质学理论研究竹田头火山机构[J]. 火山地质与矿产,2000,21(2):87—95.
- [10] 蒙启安,门广田,张正和. 松辽盆地深层火山岩体、岩相预测方法及应用[J]. 大庆石油地质与开发,2001,20(3):21—24.
- [11] 赵文智,李建忠. 基底断裂对松辽南部油气聚集的控制作用[J]. 石油学报,2004,25(4):1—6.
- [12] 张玉明,李明,李瑞磊. 松辽盆地南部深层系天然气成藏规律[J]. 石油与天然气地质,2006,(06):841—848.