

松辽盆地南部长岭断陷火山岩岩性岩相特征及其对储层的控制作用

姜雪¹, 邹华耀¹, 饶勇², 杨元元¹

1. 中国石油大学资源与信息学院; 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249

2. 中海石油(中国)有限公司北京研究中心, 北京 100027

摘要 长岭断陷是松辽盆地南部最大的断陷, 其深层勘探程度低、油气资源丰富、火山岩分布面积大, 是很好的油气储集空间。为了明确长岭断陷层火山岩的分布规律以预测有利的储层, 本文通过对火山岩的岩心观察、薄片鉴定、测井资料、二维、三维地震资料的综合分析, 提出长岭断陷层火山岩主要发育于火石岭组和营城组, 以火山熔岩和火山碎屑岩为主; 发育出爆发相、溢流相、火山通道相、侵出相和火山沉积相 5 种火山岩岩相及 11 种亚相, 其中以爆发相和溢流相为主; 长岭断陷深层火山岩主要沿深大断裂呈带状分布, 裂隙式和中心式喷发兼有, 在垂向上表现为多期次喷发序列的叠置; 营城组发育三个火山喷发旋回。统计显示溢流相上部 and 下部亚相的流纹岩和爆发相热碎屑流亚相的凝灰岩的气孔、溶孔和裂缝发育, 储集物性最好。

关键词 长岭断陷; 营城组; 火山岩; 岩相; 储集层

中图分类号 TE122.2

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)23-0032-09

Lithologic and Lithofacies Characteristics of Volcanic Rock and Their Controlling Effects on Reservoirs of Changling Fault Depression in the South of Songliao Basin

JIANG Xue¹, ZOU Huayao¹, RAO Yong²,
YANG Yuanyuan¹

1. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting,
School of Resource and Information Technology, China

University of Petroleum, Beijing 102249, China
2. Beijing Research Center of China National Offshore Oil
Corporation, Beijing 100027, China

Abstract The Changling fault depression is the largest fault depression in the south of Songliao Basin. The deep formation in the depression with a low exploration degree contains abundant hydrocarbon resources, where volcanic rocks are distributed

extensively, as a good reservoir of oil and gasses. According to core observation, thin section identification and integration of well log and 2D/3D seismic data, the Yingcheng formation and Huoshiling formation are rich in volcanic rocks, mainly consisting of lava and pyroclastic rocks. 5 types of volcanic lithofacies and 11 types of volcanic subfacies such as explosive facies, overflow facies, volcanic conduit facies, extrusive facies and eruptive-sedimentary facies can be identified, which are mainly overflow facies and explosive facies. The volcanic rocks in the depression are distributed along big deep faults and superimposed by many times of volcanic eruption in the vertical direction in models of eruption of both central type and fissure type. And three volcanic eruption cycles can be identified in the Yingcheng formation. Statistics show that the rhyolite in the lower part and the upper part subfacies of overflow as well as the tuff in pyroclastic flow subfacies of explosive have many gas pores, solution pores and fractures, which may serve as a good reservoir.

Keywords Changling fault depression; Yingcheng formation; volcanic rock; volcanic facies; reservoir

0 引言

长期以来, 在油气勘探开发中, 与沉积作用有关的岩石一直被作为储层研究的主要对象, 而沉积盆地中的火山岩却没

收稿日期: 2009-09-24

基金项目: 中国石油化工股份有限公司东北油气分公司科研项目 (DBKT2006-YJ-023)

作者简介: 姜雪, 博士研究生, 研究方向为油气成藏机理与分布规律, 电子信箱: jiangxue1004@yahoo.com.cn; 邹华耀 (通信作者), 教授, 研究方向为油气成藏机理与富集规律, 电子信箱: huayazou@cup.edu.cn

有得到足够的重视。随着能源需求量的日益增长,石油天然气的勘探、开发领域也在不断地扩展。以往认为没有油气聚集价值的火山岩,如今也成为不可忽视的油气勘探领域之一^[1]。自19世纪末期,美国加利福尼亚州的圣华全盆地发现第一个火山岩油气藏,至今已有百年历史,随后找到了亚利桑那洲的比聂郝—比肯亚火山岩油气藏,印度尼西亚的贾蒂已朗安山岩油气藏,东欧格鲁吉亚的萨妙戈里—帕塔尔里凝灰岩油气藏,日本的吉井—东柏倚流纹岩油气藏,越南南部浅海区的花岗岩白虎油气藏,还有墨西哥、委内瑞拉等地均发现不同规模的火山岩油气藏^[2-4]。20世纪80年代以来,中国在大规模油气勘探、开发中,先后在克拉玛依、四川、渤海湾、辽河和松辽等盆地中,发现了一批火山岩油气藏^[5],特别是2002年以来,火山岩油气勘探在松辽盆地北部徐家围子断陷的升深2井、徐深1井和2005年以来松辽盆地南部长岭断陷的长深1井、腰深1井等不断取得新的突破,均在营城组火山岩获得无阻流量超百万立方米的高产气流^[6],这显示了深层火山岩油气勘探的巨大潜力,特别是松辽盆地深层的勘探成果无疑是对中国石油和天然气资源无疑是重要的补充,引起了石油地质学界广泛的关注。

就目前而言,对火山岩油气藏的系统研究还相对缺乏,勘探开发技术都不够完善。因此,探讨不同类型火山岩油气藏特征、成藏机制、地震及测井判识、岩相分析、储层预测等对于推动火山岩油气藏的勘探进程,丰富石油地质理论都具有重要意义。

长岭断陷位于松辽盆地中央凹陷带南端(图1),是松辽盆地南部最大的断陷,是一个断—拗叠置的中生代沉积盆地,面积约7240 km²。其断陷层包括火石岭组、沙河子组和营城组,具有良好的生烃能力,且火石岭组和营城组火山岩广泛

发育,是本区良好的储集层,但由于火山岩储层具有极强的非均质性和复杂的成藏规律^[7],其具分布广但规模较小、初始产量高但递减快、储集类型和成藏条件复杂等特点。故总体上,对于长岭断陷层系发育的火山岩储层的研究程度尚较低,这严重制约了该区深层的勘探。本文主要通过单井火山岩分析,划分火山岩相类型、并通过对火山岩地震反射特征的识别,结合多井火山岩相对比,建立工区火山岩相模式。并利用岩石薄片分析和岩心观察等手段对长岭断陷火山岩储层特征及其控制因素进行探讨,以期对长岭深层的下一步勘探提供指导。

1 火山岩岩石学类型

伴随着断陷盆地的发育,火山岩的分布受到断裂的影响,分布范围相对较小,相变快,类型复杂,既有喷出岩,也有部分侵入岩。研究火山岩岩石学、岩相特征有助于探讨火山岩储层的形成与分布特征。

通过岩心观察和岩石薄片鉴定结合研究区的背景地质资料分析可知,该区断陷层的火山岩主要分布在营城组和火石岭组,主要火山岩岩石类型有火山熔岩类(流纹岩、英安岩、安山岩、玄武岩),火山碎屑岩类(凝灰岩、角砾岩)和火山碎屑熔岩类(熔结凝灰岩、隐爆角砾岩)3大类,个别井段见沉火山碎屑岩(沉凝灰岩)及火山侵入岩类(辉绿岩、花岗岩)(图2和图3)。两个组的火山岩由于喷发机制和所处火山旋回的不同又存在差别,总体而言火石岭组以中基性岩为主,而营城组以中酸性岩为主,因此纵向上表现为中酸性火山岩分布在浅层,中基性火山岩分布在深部。

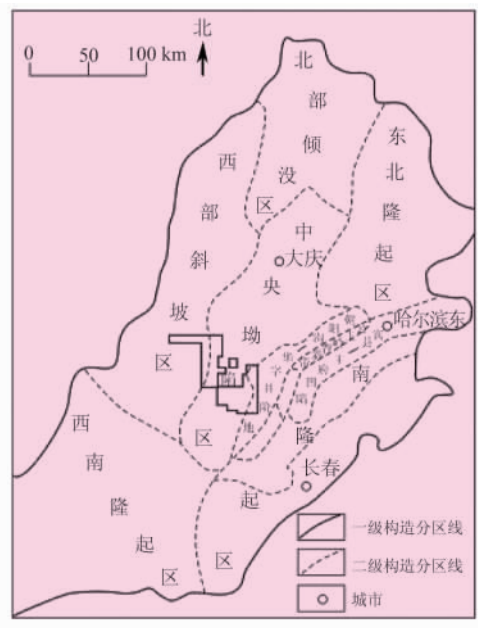


图1 松辽盆地构造单元区划

Fig. 1 Division of structural units in Songliao Basin

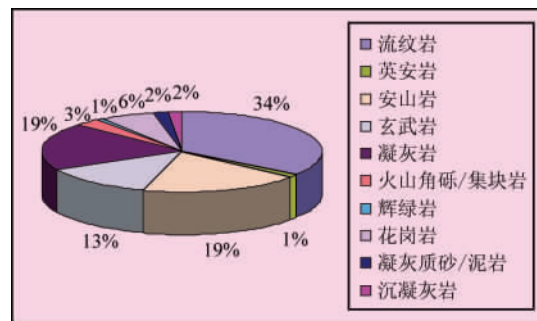


图2 长岭断陷层岩心火山岩统计结果

Fig. 2 Volcanic rock types of core in Changling fault depression

2 火山岩岩相特征

火山岩岩相是指火山岩形成条件及其在该条件下所形成的火山岩岩性特征的总和。就火山岩油气藏的研究而言,松辽盆地北部深层在岩性和岩相方面进行了详细的划分,王璞等^[8]的研究成果极具代表性。他们将松辽盆地火山岩岩相可分为火山通道相、爆发相、喷溢相、侵出相和火山通道相5种。每一种火山岩相可以进一步划分为3种亚相,共15种



(a) YS101 井, 流纹岩, 3 840 m

流纹岩: 酸性喷出岩, 多发育斑状结构、流纹构造

(a) YS101 well, rhyolite, 3 840 m

Rhyolite: acid effusive rock, mainly with porphyritic texture and rhyotaxitic structure



(b) SN185 井, 玄武岩, 2 110 m

玄武岩: 基性喷出岩, 多发育气孔、杏仁构造

(b) SN185 well, basalts, 2 110 m

Basalt: mafic effusive rock, mainly with vesicular structure and almond structure

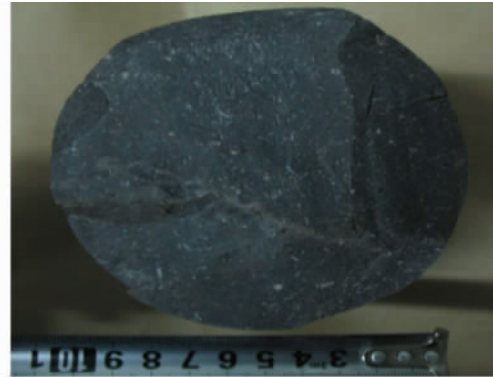


(c) DB11 井, 安山岩, 3 755 m

安山岩: 中性喷出岩, 多发育气孔、杏仁构造

(c) DB11 well, andesites, 3 755 m

Andesites: intermediate effusive rock, mainly with mainly with vesicular structure and almond structure



(d) YN1 井, 凝灰岩, 3 833.45 m

凝灰岩: 火山碎屑岩, 多发育凝灰结构、块状构造

(d) YN1 well, tuff, 3 833.45 m

Tuff: volcanoclastic rock, mainly with tuffaceous texture massive structure

图 3 长岭断陷火山岩岩石学特征

Fig. 3 Petrological characteristics of volcanic rocks in Changling fault depression

亚相。由于本文研究的目的主要是进行火山岩平面分布规律的探讨和有利储层的预测, 所以本部分着重介绍各火山岩相及亚相类型的岩性及典型结构和地震反射特征。

2.1 相类型和相特征

长岭断陷已观察钻井岩心^[6]和岩屑资料^[9]及测井资料分析^[10]揭示了该区营城组和火石岭组火山岩主要发育火山通道相、爆发相、溢流相、火山沉积相。结合二维、三维地震资料^[11]分析及区域背景资料^[12]分析可知局部发育侵入相(往往发育于酸性岩喷发区), 但由于无钻井揭示, 具体的亚相情况无法确定, 因此侵入相不进行亚相的划分, 故最终将长岭地区断陷层的火山岩相归纳为 5 相 11 个亚相。

2.1.1 火山通道相

火山通道相位于整个火山机构的下部, 形成于整个火山

旋回同期和后期。火山通道相可以划分为火山颈亚相、次火山岩亚相和隐爆角砾岩亚相。

1) 火山颈亚相

由于火山喷发后期的熔浆因地层压力不足, 不能喷出地表而在火山通道中凝固。同时, 由于热补偿作用, 火山口附近的岩层下陷坍塌, 破碎的坍塌物与熔浆一起充填火山通道形成。其代表性的岩性为熔岩、火山碎屑岩及其混合物。其储集空间为裂隙, 物性条件好, 可以成为好的储层, 但是分布范围局限, 不大可能成为大规模的储集体。

2) 次火山岩亚相

由于岩浆内部压力小于上覆围岩静压力, 岩浆未喷出地表而在近地表处凝固形成的浅层至超浅层的侵入体, 是熔浆沿火山机构附近的张性裂隙贯入而成。其代表性岩性为

玢岩和斑岩, 本区代表性的次火山岩如 DB11 井 3 980~4 012 m、4 060~4 090 m 辉绿岩段为裂隙含气层; YS2 井目前钻遇厚度达 271 m 的大套碎裂花岗岩, 且有较好的气显示。

3) 隐爆角砾岩亚相

隐爆角砾岩亚相位于火山口附近或次火山岩体顶部, 经常穿入其他岩相或围岩。其代表岩性为隐爆角砾岩, 具有隐爆角砾结构、自碎斑结构和碎裂结构, 呈现筒状、层状、脉状、枝叉状和裂缝充填状, 以向上裂缝变细、变密的树枝状为特征。

2.1.2 爆发相

爆发相形成于火山作用的早期和后期, 按照堆积作用方式的不同和火山作用的先后, 可分为三个亚相: 空落亚相、热基浪亚相、热碎屑流亚相。

1) 空落亚相

系指火山爆发物质降落到地表堆积成岩形成的。以含火山弹和浮岩块的集块岩、角砾岩、晶屑凝灰岩为主。空落亚相常具有集块结构、角砾结构和凝灰结构, 常表现为正粒序, 颗粒支撑。储集空间为晶粒间孔隙和角砾间孔缝。

2) 热基浪亚相

系指火山作用的气-固-液态多相体系在重力作用下在近地表呈悬移质搬运, 重力沉积, 压实成岩作用的产物, 主要由含晶屑、玻屑、浆屑的凝灰岩构成, 具平行层理、交错层理、逆行沙波层理。多形成于爆发相的中下部。储集空间为晶粒间孔隙和角砾间孔缝。

3) 热碎屑流亚相

系指火山爆发产生的热的气体或碎屑组成的密度流。其主要构成岩性为含晶屑、玻屑、浆屑、岩屑的熔结凝灰岩, 多见于爆发相上部。原生气孔是其主要储集空间。

爆发相是长岭断陷各个喷发旋回的主要组成部分, 储集条件好, 易形成好储层, 在长岭断陷所钻探井中大都见到气显示 (如 YS1 井、DB11 井、SN109 井、DB14 井), 尤其在 YS1 井凝灰岩井段 (3 540~3 590 m) 已发现高产气流。

2.1.3 溢流相

溢流相是液态的、黏度较低的岩浆从火山口溢出, 在地表呈带状延伸和流动而冷凝形成的岩石组合。溢流相在酸性、中性、基性火山岩中均可见到, 对于喷发溢流环境稳定, 且厚度较大的熔岩层, 一般可以分为下部亚相、中部亚相、上部亚相。

1) 下部亚相

代表岩性为细晶流纹岩及含同生角砾的流纹岩, 岩石的原生孔隙不发育, 但脆性强, 裂隙容易形成和保存, 所以是各种火山岩亚相中构造裂缝最发育的。

2) 中部亚相

代表岩性为流纹构造流纹岩, 位于流动单元的中部, 是唯一原生孔隙、流纹理层间缝隙和构造裂缝都发育的亚相, 也是孔隙分布较均匀的岩相带。中部亚相往往与原生气

孔极发育的溢流相上部亚相互层, 构成孔-缝“双孔介质”极发育的有利储集体。

3) 上部亚相

代表岩性为气孔流纹岩或球粒流纹岩, 气孔呈条带状分布, 沿流动方向定向拉长。上部亚相是原生气孔最发育的相带, 原生气孔占岩石体积百分比可高达 25%~30%, 原生气孔之间通过构造裂缝连通。溢流相上部亚相一般是储层物性最好的岩相带。溢流相是长岭断陷的主要岩相类型。目前发现的主要有流纹岩、英安岩、安山岩、玄武岩, 从基性到酸性都有。YS1 井 3 590 m 以下流纹岩段, 已发现高产工业气流。

2.1.4 火山沉积相

火山沉积相是经常与火山岩共生的一种沉积岩相, 可以出现在火山活动的各个时期, 与其他火山岩相侧向相变或互层, 分布范围广、远大于其他火山岩相。分为再搬运火山碎屑沉积岩亚相 (沉凝灰岩为主)、含外碎屑火山沉积岩亚相 (凝灰质砂岩和凝灰质泥岩为主) 及凝灰岩夹煤沉积, 研究区主要发育前两者, 储集空间为碎屑颗粒间孔、各种次生孔和缝。

2.1.5 侵出相

侵出相主要见于酸性岩中, 形成于火山喷发旋回的晚期。当破火山口—火山湖体系已经形成, 高黏度岩浆受内力挤压流出地表时, 遇水淬火或在大气中快速冷却便在火山口附近形成侵出相 (玻璃质) 火山岩体。

2.2 火山岩地震相分析

随着精度的不断提高, 地震资料已被广泛应用于井间岩性岩相对比和喷发旋回的详细划分。不同的火山岩相具有各自不同的地震反射特征^[13]。本文主要通过单井火山岩分析, 划分火山岩相类型并建立井震之间的关系, 在已建立的地层格架内, 用振幅、频率和连续性三个物理参数以及火山岩的内部反射结构和外部反射形态两方面的几何参数, 进行地震相的识别, 总结该区不同火山岩火山岩相的地震反射特征。

2.2.1 爆发相地震反射特征

地震剖面上常表现为丘状外型, 内部多为杂乱状, 顶部为强反射, 内部反射较弱 (图 4(a))。

2.2.2 溢流相地震反射特征

反射波组外形呈近水平状或楔型, 内部频率较低、中强振幅, 呈间断性连续, 平行-亚平行反射结构 (图 4(b))。

2.2.3 火山通道相地震反射特征

火山通道呈柱状, 位于锥体顶端的正下方, 产状近于直立或斜切反射层, 内部反射断续、杂乱 (图 4(c))。

2.2.4 侵出相地震反射特征

位于火山通道顶部, 反射波组外形呈伞状, 形似穹隆, 断续反射 (图 4(c))。

2.2.5 火山沉积相地震反射特征

往往成层性明显, 反射特征为连续或较连续、中-强振幅、平行、亚平行为主的反射 (图 4(d))。

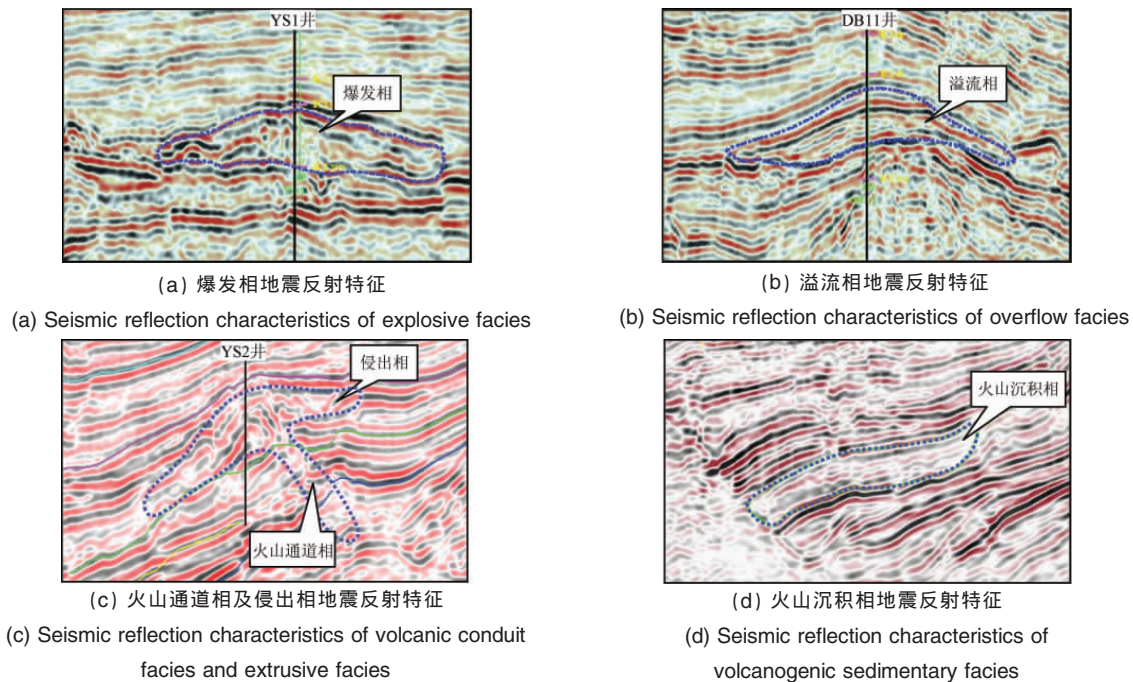


图4 长岭断陷火山岩相地震反射特征

Fig. 4 Seismic reflection characteristics of volcanic facies in Changling fault depression

3 长岭断陷层火山岩的喷发模式及喷发旋回研究

通过前述的单井火山岩分析,划分火山岩相类型、火山岩喷发期次和旋回并通过对火山岩地震反射特征的识别,总结火山岩地震反射特征划分火山岩地震相,结合实际地质特征背景将地震相转化为火山岩相,同时结合多井火山岩相对比,建立工区火山岩喷发相模式并对火山旋回进行研究。

3.1 火山岩的喷发模式

火山喷发模式可分为中心式喷发和裂隙式喷发两种。中心式喷发指岩浆沿一定的圆柱状通道喷出地表,通常伴随有强烈的喷发。裂隙式喷发是岩浆比较缓和地沿地壳裂隙流出地表的一种喷发形式。它通常不发生爆发现象,岩浆沿裂隙流出后沿地面流动,常形成面积很大的熔岩被,这种熔岩被面积可达几十平方公里以上,厚达几十米,甚至超过数百米。对火山岩喷发而言,往往是动态、多期、复杂的过程,单一呈爆发喷发或溢流式喷发的火山岩很少,多数是爆发式和溢流式的混合喷发方式为主^[14],导致了爆发相与溢流相相互叠置。长岭断陷火山岩总体以裂隙式喷发为主,火山岩分布明显受

深大断裂控制。岩浆沿火山口和深大断裂多次喷发,形成火山岩与沉积岩交互发育的地层。不同的喷发模式导致岩性、岩相的分布模式不相同。长岭地区范围大,火山岩分布具有分带性,喷发模式在不同区域也不尽相同。长岭断陷北部的腰英台构造带营城组火山岩极发育,以酸性流纹岩和凝灰岩为主的中心式喷发为主要岩相模式(图5和图6),喷发作用

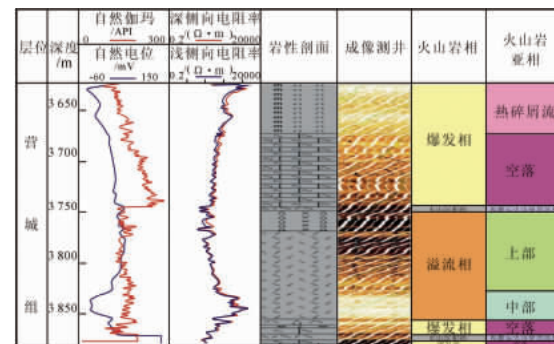


图5 YS101井单井相分析

Fig. 5 Electrofacies analysis of well YS101

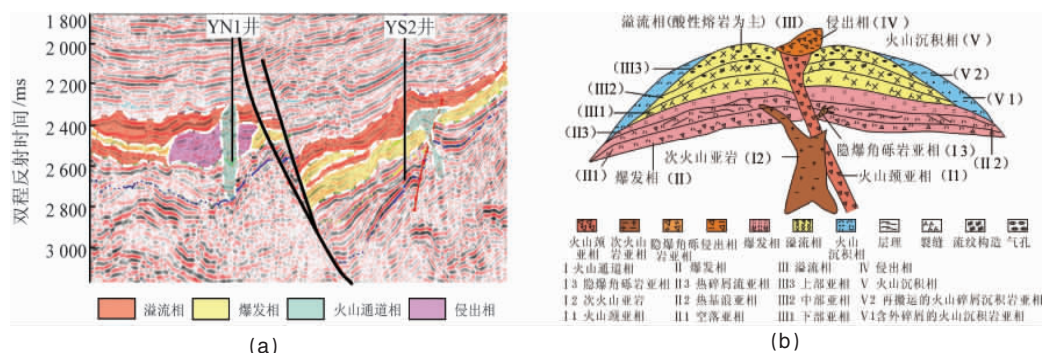
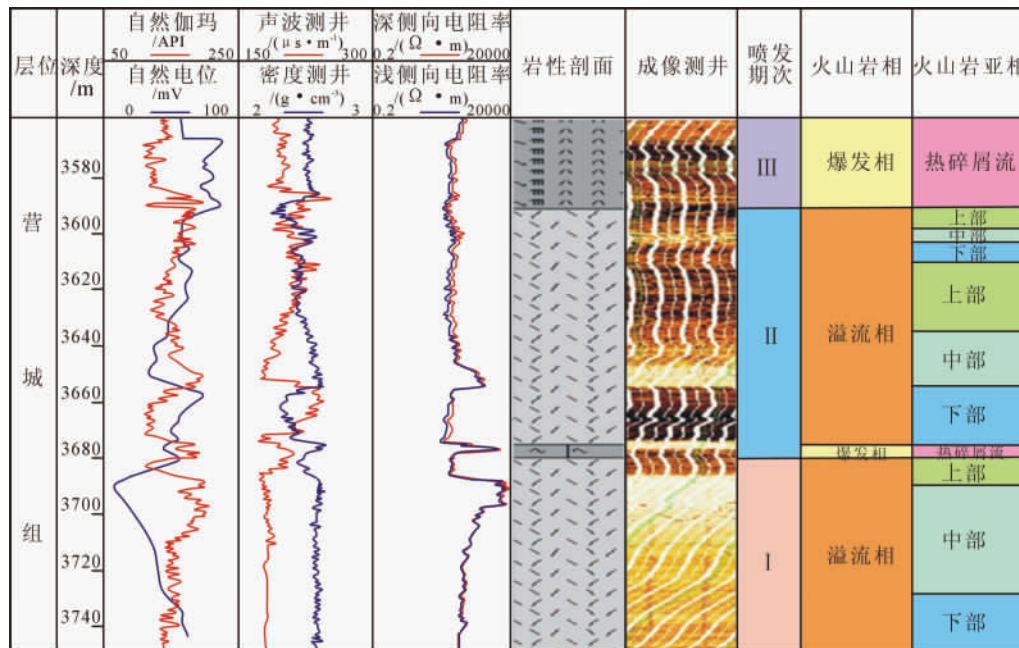


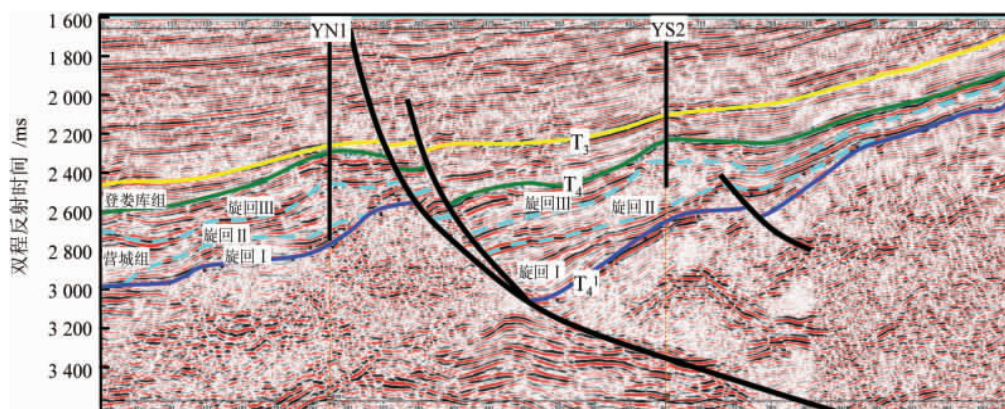
图6 中心式喷发模式

Fig. 6 Model of eruption of central type



(a) YS1 井营城组火山岩岩相、喷发旋回实例

(a) Example of facies and eruption cycles of volcanic rock in Yingcheng formation, well YS1



(b) 过 YN1 井和 YS2 井的地震剖面的营城组火山岩 3 个喷发旋回实例

(b) Example of three eruption cycles of volcanic rock in Yingcheng formation, on seismic profile acrosses well YN1 and well YS2

图 9 火山喷发旋回的井、震证据

Fig. 9 Evidence of well and seismic data on eruption cycles

4.1 火山岩岩性对储层的控制作用

岩性是其他因素对火山岩储集物性产生影响的物质基础,不同的岩性具有不同的硬度、密度、成分、结构、构造等属性,导致不同类型的火山岩具有不同的物性特征^[18]。

图 10 主要是对长岭断陷单井含油气层段的火山岩岩石类型进行统计结果,可知研究区内储集性能最好的流纹岩,安山岩次之,广泛分布的凝灰岩第三。

4.2 火山岩岩相对储层的控制作用

前面的分析说明火山岩储层的性质与火山岩岩性类型有一定的关系,但并不是所有的流纹岩、安山岩和凝灰岩均能成为好的储集层,火山岩储层物性、储集空间类型、特征和

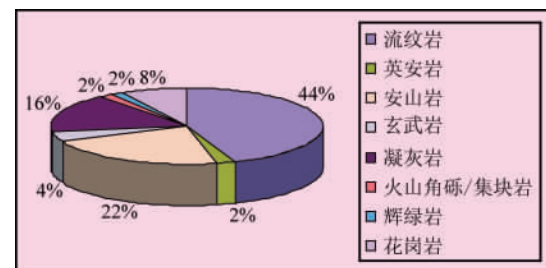


图 10 长岭断陷含油气层火山岩分布

Fig. 10 Distribution of volcanic rocks in reservoir of Changling fault depression

变化还主要受到火山岩亚相控制,同岩相的不同亚相储层特征可能差别很大^[19]。不同的岩相特别是亚相类型控制着火山岩的储集空间类型和发育程度。对长岭断陷单井含油气层段的火山岩亚相类型进行统计,并计算出含油气层段中的各亚相钻遇厚度与含油气层段的总钻遇厚度百分比(图 11),得知火山岩储层主要发育在溢流相的上部、下部亚相和爆发相的热碎屑流亚相,少量发育在火山通道的次火山岩亚相、隐爆角砾岩亚相以及极少数的火山沉积相中。鉴于火山岩亚相对储集性能的重要控制作用,通过对长岭断陷火山岩岩心样品的物性与亚相的对应关系进行统计得出结论同样也是溢流相上部亚相有较好的储集性能(图 12)。

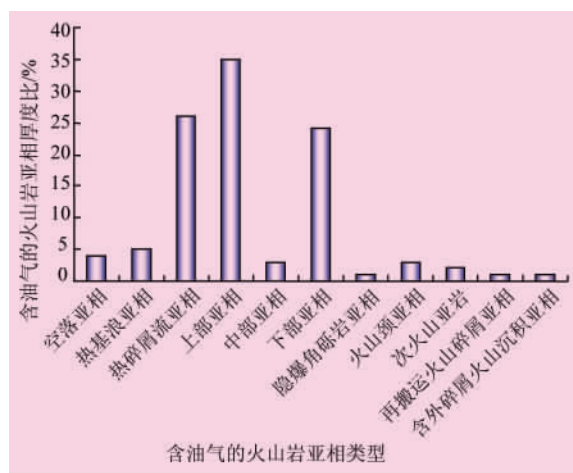
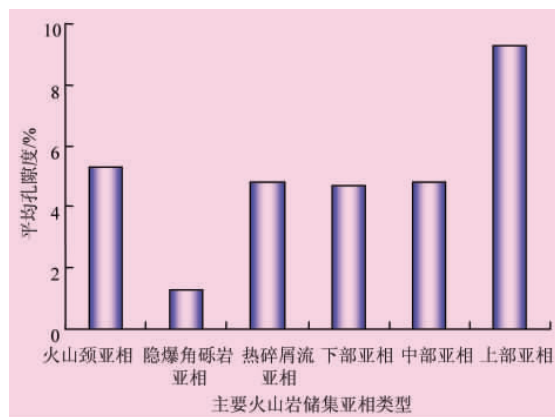
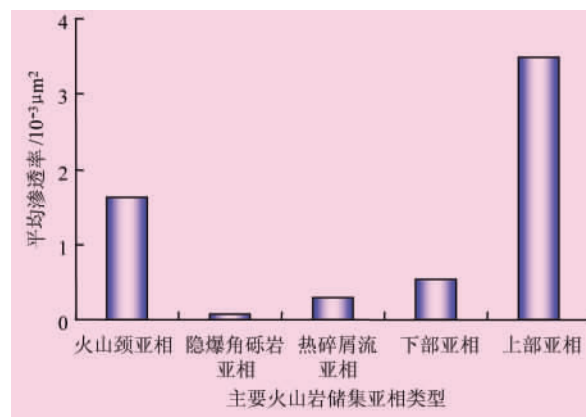


图 11 长岭断陷含油气层火山岩亚相分布比例

Fig. 11 Distribution of volcanic subfacies in reservoir of Changling Fault depression



(a)



(b)

图 12 火山岩亚相与孔渗相关图

Fig. 12 Relationship between subfacies and porosity and permeability of the volcanic rocks

4) 火山岩的储集性能明显受岩性和岩相控制。长岭断陷层的油气主要赋存于流纹岩,安山岩及凝灰岩中。就火山岩亚相而言,长岭断陷层溢流相的上部、下部亚相和爆发相的热碎屑流亚相是有利的储集岩相。

对研究区内储集物性较好的火山岩亚相进行分析可知,爆发相的热碎屑流亚相岩性以熔结凝灰岩为主,多数井段该亚相微裂缝和熔孔发育成为有效的储集空间。溢流相是长岭断陷的主要岩相类型。目前发现的主要有流纹岩、英安岩、安山岩和玄武岩,从基性到酸性都有。岩相垂向分带明显。细分为上部、中部、下部。上、下部孔、缝发育带是良好的储层,中部为致密层为非储层。

5 结论

1) 长岭断陷层火山岩主要发育于火石岭组和营城组,主要发育火山熔岩、火山碎屑岩及火山碎屑熔岩类,见少量沉火山碎屑岩及火山侵入岩类。且火石岭组以中基性岩为主,营城组以中酸性岩为主,纵向上表现为中酸性火山岩分布在浅层,中基性火山岩分布在深部。

2) 长岭地区断陷层的火山岩相归纳为爆发相、溢流相、火山通道相、火山沉积相、侵出相共 5 相 11 个亚相,其中爆发相和溢流相是研究区内广范发育主要岩相,其各岩相的地震反射特征各不相同。

3) 长岭地区断陷层的火山岩喷发既有裂隙式也有中心式喷发,总体以裂隙式喷发为主,火山岩分布明显受深大断裂控制。岩浆沿火山口和深大断裂多次喷发具有多旋回性,形成火山岩与沉积岩交互发育的地层,其中营城组发育 3 个火山岩喷发旋回。长岭断陷北部的腰英台构造带营城组火山岩极发育,以酸性流纹岩和凝灰岩为主的中心式喷发为主要岩相模式。南部的前进-双龙构造火石岭组火山岩发育,主要为裂隙式喷发。

参考文献 (References)

- [1] 曹宝军, 刘德华. 浅析火山岩油气藏分布与勘探、开发特征[J]. 特种油气藏, 2004, 11(1): 18-21.
Cao Baojun, Liu Dehua. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2004, 11 (1): 81-21.

- [2] 张子枢, 吴邦辉. 国内外火山岩油气藏研究现状及勘探技术调研[J]. 天然气勘探与开发, 1994, 16(1): 1-26.
Zhang Zishu, Wu Banghui. *Natural Gas Exploration and Development*, 1994, 16(1): 1-26.
- [3] Seemann U, Schere M. Volcaniclastics as potential hydrocarbon reservoirs [J]. *Clay Minerals*, 1984, 19(9): 457-470.
- [4] Galushkin Y L. Thermal effects of igneous intrusions on maturity of organic matter: A possible mechanism of intrusion [J]. *Org Geochemistry*, 1997, 26(11-12): 645-658.
- [5] 吕炳全, 张彦军, 王红罡, 等. 中国东部中、新生代火山岩油气藏的现况与展望[J]. 海洋石油, 2003, 23(4): 9-11.
Lu Bingquan, Zhang Yanjun, Wang Honggang, et al. *Offshore Oil*, 2003, 23(4): 9-11.
- [6] 姜慧超, 雷敏, 刘汝强. 长岭断陷东部下白垩统火山岩储层特征及油气勘探潜力[J]. 岩石矿物学杂志, 2009, 28(1): 69-77.
Jiang Huichao, Lei Min, Liu Ruqiang. *Acta Petrologica Et Mineralogica*, 2009, 28(1): 69-77.
- [7] Williams J J, Augila F. Depositional environment and diagnosis of sedimentary reservoir and description of igneous reservoir [J]. *American Association of Petroleum Geologists*, 1972, 16(10): 623-632.
- [8] 王璞, 迟元林, 刘万洙, 等. 松辽盆地火山岩相: 类型、特征和储层意义[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2003, 33(4): 449-456.
Wang Pujun, Chi Yuanlin, Liu Wanzhu, et al. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2003, 33(4): 449-456.
- [9] 边伟华, 陈玉魁, 唐华风, 等. 火山岩相的岩屑识别——以松辽盆地南部东岭探区为例 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2007, 37 (6): 1104-1109.
Bian Weihua, Chen Yukui, Tang Huafeng, et al. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2007, 37(6): 1104-1109.
- [10] 郭振华, 王璞, 印长海. 松辽盆地北部火山岩相与测井相关关系研究[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2006, 36(2): 207-214.
Guo Zhenhua, Wang Pujun, Yin Changhai. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2006, 36(2): 207-214.
- [11] 孙圆辉, 宋新民, 冉再全, 等. 长岭气田火山岩岩性和岩相特征及其对储集层的控制[J]. 石油勘探与开发, 2009, 36(1): 68-73.
Sun Yuanhui, Sun Xinmin, Ran Zaiquan, et al. *Petroleum Exploration and Development*, 2009, 36(1): 68-73.
- [12] 蔡先华, 谭胜章. 松辽盆地南部长岭断陷火成岩分布及成藏规律[J]. 石油物探, 2002, 41(3): 363-366.
Cai Xianhua, Tan Shengzhang. *Geophysical Prospecting for Petroleum*, 2002, 41(3): 363-366.
- [13] 唐华风, 王璞, 姜传金, 等. 松辽盆地火山岩相地震特征及其与控陷断裂的关系[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2007, 37(1): 73-78.
Tang Huafeng, Wang Pujun, Jiang Chuanjin, et al. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2007, 37(1): 73-78.
- [14] 黄玉龙, 王璞, 门广田, 等. 松辽盆地营城组火山岩旋回和期次划分——以盆缘剖面和盆内钻井为例 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2007, 37(6): 1183-1190.
Huang Yulong, Wang Pujun, Men Guangtian, et al. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2007, 37(6): 1183-1190.
- [15] 罗群, 刘为付, 郑德山. 深层火山岩油气藏的分布规律 [J]. 新疆石油地质, 2001, 22(3): 196-199.
Luo Qun, Liu Weifu, Zheng Deshan. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2001, 22(3): 196-199.
- [16] 罗静兰, 邵红梅, 张成立. 火山岩油气藏研究方法与技术综述[J]. 石油学报, 2003, 24(1): 31-38.
Luo Jinglan, Shao Hongmei, Zhang Chengli. *Acta Petrolei Sinica*, 2003, 24(1): 31-38.
- [17] Hawlander H M. Diagnosis and reservoir potential of volcanogenic sandstones—Cretaceous of the Surat Basin, Australia [J]. *Sedimentary Geology*, 1990, 66(4): 181-195.
- [18] 郭齐军, 焦守诠, 万智民. 火山岩储层的岩石学评价 [J]. 特种油气藏, 1995, 2(3): 6-22.
Guo Qijun, Jiao Shouquan, Wan Zhimin. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 1995, 2(3): 6-22.
- [19] 王璞, 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): 8-23.
Wang Pujun, Chen Shumin, Liu Wanzhu, et al. *Oil & Gas Geology*, 2003, 24(1): 8-23.

(责任编辑 吴晓丽)

·学术动态·



“2010 年全国高分子材料科学与工程研讨会”征文

由中国化学会、中国机械工程学会和中国材料研究学会联合主办, 由南昌大学化学系和清华大学化工系共同承办的“2010 年全国高分子材料科学与工程研讨会”将于 2010 年 10 月在南昌大学前湖校区召开。

依该会传统, 大会组委会将竭诚为每位与会代表提供报告个人成果的机会。会议现面向全国各地和海外的高分子学者征文。

联系方式: 江西省南昌市红谷滩新区学府大道 999 号南昌大学高分子研究所(330031) 周魏华, 肖书琴; 电话: 0791-3969562, 15970613632; 传真: 0791-3969513, 0791-3969561。