

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

黄玉龙¹, 王璞珺¹, 门广田², 唐华风¹

1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061

2. 大庆油田 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712

摘要: 松辽盆地营城组火山岩具有多期次、间歇性喷发特征。松辽盆地营城组火山岩研究采用旋回(对应于火山机构)一期次(对应于岩相组合)一岩相(对应于特定喷发方式及其产物)三级划分方案。期次是指一个喷发中心一次相对集中的(准连续)火山活动,在物质成分、喷发方式及喷发强度的规律性变化过程中,所形成的一套相序上具有成因联系的岩石组合。旋回由一个至若干个期次构成。在期次划分过程中,综合运用了地质方法与地球物理方法,充分利用岩性、岩相、测井和地震资料,依据相关地质界面,并与火山机构分析相互结合。据此将营城组建组次层型实测剖面划分为5个旋回,13个期次。

关键词: 松辽盆地; 营城组; 盆地火山岩; 期次; 旋回

中图分类号: P618.13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-5888(2007)06-1183-09

Division of Volcanic Cycles and Stages of the Yingcheng Formation of the Songliao Basin — Take the Cross Sections at the Margin and the Boring Holes as Examples

HUANG Yu-long¹, WANG Pu-jun¹, MEN Guang-tian², TANG Hua-feng¹

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

2. Daqing Exploration & Development Institute, Daqing, Heilongjiang 163712, China

Abstract: The volcanic rocks of the Yingcheng Formation in the Songliao Basin were formed by multiple and intermittent eruptions. Triple division was applied in the basin volcanic rocks researches: volcanic cycle, stage and facies. A volcanic stage was defined as volcanic rock assemblages formed by a concentrated volcanic activity at certain eruption center during its regular changes on materials, components, eruption behaviors and intensity. And a volcanic cycle includes one or several stages. Geological and geophysical methods were used to divide volcanic stages, including volcanic lithology and facies analysis from logging and seismic information. Special geological interfaces were identified. The measured section of the Yingcheng Formation has been divided into five volcanic cycles and thirteen stages.

Key words: Songliao Basin; Yingcheng Formation; basin volcanics; volcanic stage and cycle

收稿日期: 2007-06-20

基金项目: 国家“973”项目(2006CB701403)

作者简介: 黄玉龙(1982-), 男, 江苏六合人, 博士研究生, 主要从事油气地质和盆地火山岩研究, E-mail: huangyulong@email.jlu.edu.cn

通讯联系人: 王璞珺(1959-), 男, 黑龙江绥滨人, 教授, 博士生导师, 主要从事油气地质勘查、火山岩储层和沉积学研究, Tel: 0431-88502620 E-mail: wangpj@jlu.edu.cn.

0 引言

英文地质术语辞典中对火山喷发旋回/周期的描述侧重于火山活动的变化,将其解释为“一次火山喷发事件的序列;火山活动期间,喷发方式的规律性变化”^[1]。中文地球科学大辞典中,将火山旋回定义为“火山活动强弱交替发展的周期性变化过程”^[2]。

以往在我国火山岩地区区域地质调查填图工作中,考虑到火山活动的规律性和火山地层的特殊性,提出以岩系—旋回—韵律—期次作为火山地层划分单位^[3]。其中,一次或多次火山喷发活动,造成成分与活动方式的周期性变化或喷发的间断,构成喷发韵律。若火山如此周而复始地间歇活动,岩浆成分和喷发强度等在活动中又形成若干个彼此有所区别的变化阶段,这样的变化阶段就称作喷发旋回。一个喷发旋回总是由一个至若干个喷发韵律构成。二者的区别只是在于时间的长短和级别的高低。

谢家莹在对陆相火山岩区火山地层单位与划分的论述中^[4],提出用旋回—组—岩相—层四级作为火山地层划分单位和填图单元,其中:旋回对应于火山机构,组对应于火山机构演化阶段,岩相对应于火山喷发类型,层为火山喷发产物的最小地层单位。

上述传统意义上的火山喷发旋回、期次的划分方法,主要用于查明火山活动历史、划分火山岩地层层序,随着盆地火山岩气藏勘探开发步伐的加快,传统方法已远达不到火山岩储层精细描述和火山机构详细解剖的需求。由于松辽盆地营城组古火山机构形成的多期性和相邻火山机构的叠合性,进行火山机构剖析时,不但要考虑到纵向上的序列关系,还需兼顾火山机构侧向变化规律。因此,盆地火山岩旋回和期次具有两层含义,即不仅表示火山岩地层纵向上的时代关系,还包括在此时限内的火山岩组合及其形成的火山机构。在松辽盆地营城组火山岩研究过程中,采用旋回—期次—岩相三级方案,其中:旋回对应于火山机构,期次对应于岩相组合,岩相与火山岩形成的作用方式相对应,由一个或多个火山岩层构成。

文中主要讨论了期次划分的地质与地球物理方法,综合利用岩性、岩相、测井和地震资料,进行详细的岩相组合、相序变化以及测井曲线特征、地震反射特征分析,并结合各类可识别的地质界面,对营城组实测剖面以及徐家围子地区深层钻井火山岩进行了旋回和期次划分。

1 盆地火山岩旋回和期次的地质内涵

在盆地火山岩的相关研究中,期次是指一个喷发中心一次相对集中的(准连续)火山活动,在物质成分、喷发方式及喷发强度的规律性变化过程中,所形成的一套相序上具有成因联系的火山岩组合。这种规律性的变化,有的具周期性,有的具方向性。

一个期次持续时间可长达数千年,形成的火山岩厚度可达几米至几十米(多者可达几百米),侧向分布范围通常为几百米至几千米。中、酸性火山岩地区的期次与旋回的厚度一般要比基性火山岩地区大得多。

根据松辽盆地火山岩地层研究的实际情况,火山岩期次通常具有以下特征:1)不同期次之间具有小型间断面。由于构造环境的改变,不同火山活动阶段之间,发生了明显的全区性火山活动间断。间断期内火山产物遭受风化剥蚀或沉积改造,形成风化壳、沉积夹层等小型间断面。这些区域性不整合面是划分不同期次最直观、最重要的标志。2)不同期次具有时差性。由于不同的火山活动阶段发生在不同的地质历史时期,因此不同期次和旋回的火山岩同位素年龄及其内部化石组合,归属于不同的时间区段。相比较而言,不同旋回之间的时差性更为显著。3)不同期次之间存在差异性。由于火山作用方式的改变,不同期次在岩石组合和相序变化上存在差别。同一旋回的不同期次之间,火山岩成分差异一般不大,不同之处主要在于熔岩的结构构造的改变以及火山碎屑(熔)岩的粒序变化上。4)不同期次具有相似性和可比性。一方面,纵向上同一喷发源的不同期次可呈现出周期性变化,类似的岩石组合和相序变化可重复出现;另一方面,在同一时期,即便是不同喷发源的期次,由于一定范围内区域构造环境相同(似),因此在岩石和岩相的类型及组合特征上仍具有可比性。

一个至若干个期次构成一个旋回。在划分期次的基础上,即可进行旋回的划分。旋回之间的差异,主要为成分变化,也可以是火山活动强度及规模上的不同。

2 盆地火山岩期次划分与识别的地质—地球物理方法

2.1 地质方法

火山岩期次划分的地质方法主要包括地质界面

(风化壳、沉积夹层、火山灰层)识别、岩性组合及岩相序列分析。

2.1.1 地质界面识别

由于营城组火山岩形成时间持续达 10 Ma, 而每一期火山机构建造时间可能在相对较短的时间内完成, 后期改造时间可能较长, 因此火山岩顶部存在风化壳和沉积夹层等间断界面。营城组火山活动多以爆发相开始, 以大量火山灰喷出为特征, 且向上粒度变粗。火山间歇期, 在一定区域范围内, 也在接受来自远(异)源喷发产生的火山灰沉积。这些标志层都可作为期次的划分界面。

风化壳 两次熔浆喷溢间隔时间较长时, 在早期形成的熔岩表面往往有风化剥蚀面, 成分、颜色差异明显, 一般不难辨认。

相邻期次之间的风化壳由其下伏火山岩经过长期风化形成, 同原岩相比较, 易活动组分(如 FeO, MnO, Na₂O 和 K₂O 等)发生了一定迁移, 同时惰性成分(如 TiO₂, Fe₂O₃, MgO 和 P₂O₅ 等)发生富集^[5], 风化过程中对放射性物质吸附能力强, 钻井的测井曲线响应特征通常表现为高伽马、低电阻、低密度^[6]。风化壳松散易碎, 钻井取心不易获得, 但通过分析其测井曲线特征不难识别。

风化壳成分和厚度因地而异, 主要与原岩岩性、气候和风化作用的时间相关。通常情况下, 在一定时限内, 除去剥蚀作用影响的情况下, 经历的风化时间越长, 风化壳的厚度越大。野外露头揭示及盆内

钻井识别的风化壳厚度范围为几十厘米至几米不等。

如图 1A 揭示的风化壳厚度为 20~50 cm, 其下为玄武质角砾熔岩, 其上为安山岩, 先后由两个不同期次的火山喷发所形成。风化壳由其下部岩石变化而来, 因而划归下部期次, 作为期次顶面。

沉积夹层 火山地区在火山活动间歇期接受区域性沉积, 野外露头 and 钻井岩心观察过程中, 常见大套火山岩段之间夹有薄层沉积岩, 其厚度通常为几米左右, 最大可达几十米, 可以是正常沉积岩, 但大多数情况下为火山(碎屑)沉积岩类。它们在成岩方式上基本一致, 主要为压实固结; 不同之处在于火山沉积岩中含有来自下部的火山碎屑物(10%~50%)。在研究中习惯将其统称为沉积夹层。

在长井段连续取心的火山岩岩心上, 经常可以观察到火山岩层与沉积夹层的接触界面。一般来说, 沉积夹层的顶面即为当时的原始地层表面。如图 1B 揭示的含砾砂岩层顶面近于平行, 其上为流纹质角砾熔岩, 角砾中见下部灰色砂岩。通常将沉积夹层划归下部期次, 作为期次顶面。

火山灰层 以喷出火山灰开始的火山喷发形成的火山灰层, 以及火山活动间歇期接受异源喷发沉积的火山灰层, 都可以作为期次划分的界面。受地形影响, 火山灰层底面往往起伏不平, 而顶面则较为平整, 一般情况下, 可以据此确定其顶底面^[3]。

薄层火山灰常被认为是远(异)源喷发的降落沉

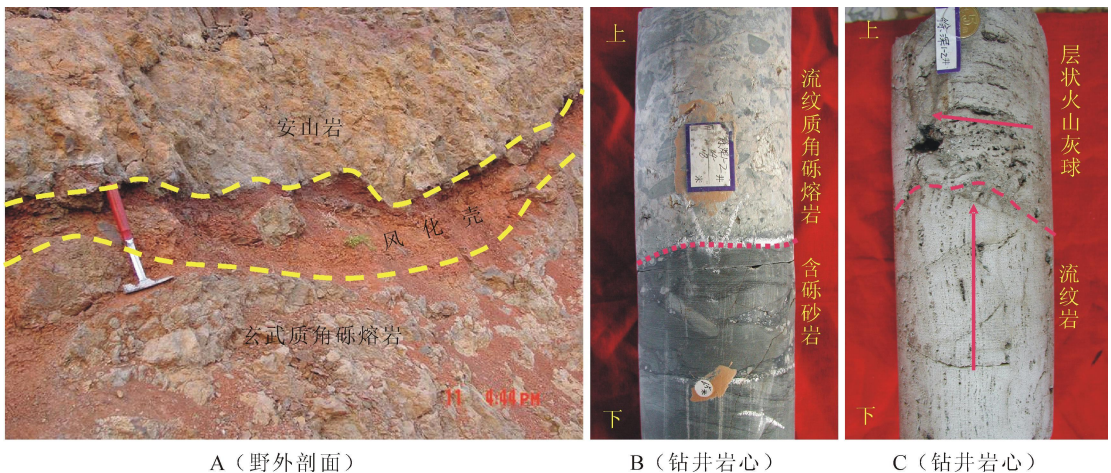


图 1 松辽盆地营城组火山岩期次地质界面

Fig. 1 Geological interfaces of volcanic stages of Yingcheng Formation in Songliao Basin

A. 风化壳(期次顶面); B. 沉积夹层(期次顶面); C. 火山灰层(期次底面)

积,厚层火山灰层则为近源沉积。常规测井的分辨率为 15~20 cm,因而钻并非取心段利用测井资料可识别的火山灰层厚度要大于 20 cm。

松辽盆地晚侏罗—早白垩世层序中发育有多层火山灰沉积层,习惯上称为凝灰岩夹层或膨润土层。实际上,它们都是含晶屑和玻屑的凝灰岩,晶屑以长石和石英为主,细粒组分主要是伊利石、蒙脱石和伊蒙混层矿物。纯净的伊利石层呈白色,单层厚度可达数米。

如图 1C 揭示的火山灰球层形成于火山活动初期,火山灰遇雨水或地表浅水环境形成火山灰球,具显著层理和流动构造,方向近于水平。其下部为流纹岩,流纹构造产状近于垂直,形成于喷发末期的侵入作用。火山灰层底面不平坦,两者之间具有明显的产状不协调。火山灰层应划归上部期次,作为期次底面。

2.1.2 岩性组合分析

钻井岩心和剖面手标本都是极为宝贵的基础地质资料。对于深层钻井而言,火山岩取心相对有限,岩屑资料被更多地应用进来,实践证明也是可行的;此外,随着对火山岩整体认识的提高,录井岩性资料的准确度有了极大的提高,结合火山岩岩性测井识别^[7-9]等手段的应用,目前基本可以实现全井段火山岩准确、全面的识别。

火山活动的不同阶段,在物质成分和喷发方式上会产生规律性变化。同一期次内部岩性构成常见以下几种情况:1)以熔岩为主,常见于基性火山岩地区。对于熔岩成分不同的,可以根据成分的变化来划分;对于熔岩成分相同或接近的,可根据熔岩层的厚薄、斑晶矿物成分及岩石结构构造的变化来划分。2)以火山碎屑(熔)岩为主,常见于粘度较大的中、酸、碱性火山岩地区,一般的变化规律为粗火山碎屑岩向细火山碎屑岩过渡。3)熔岩与火山碎屑(熔)岩互层,期次内部岩性构成一般下部为火山碎屑(熔)岩,上部为熔岩。4)熔岩、火山碎屑(熔)岩、沉积岩交替互层,期次内部岩性通常的构成方式为火山碎屑(熔)岩—熔岩—(火山碎屑)沉积岩,这是一个爆发—喷溢—间歇的周期,反映出火山活动由强渐弱的正韵律变化趋势。

以上只是普遍的规律,实际情况要相对复杂得多。需要注意的是,只是由火山活动本身变化引起的火山岩的重复出现和周期变化才能视为期次。

表 1 松辽盆地营城组火山岩期次内部相序变化特征
Table 1 Facies assemblages and sequences inside volcanic stages of Yingcheng Formation in Songliao Basin

岩性	相序变化类型	出现几率/%	火山活动强度
酸性岩	爆发相→喷溢相/侵入相	50±	强→弱
	火山通道相→喷溢相/侵入相	30±	弱→强
	爆发相→火山通道相→侵入相/爆发相	20±	强→弱→末期/强
中基性岩	喷溢相→爆发相	50±	弱→强
	喷溢相→火山沉积相	30±	弱→间歇
	喷溢相→爆发相→火山沉积相	20±	弱→强→间歇
酸性岩夹	喷溢相→爆发相→火山沉积相	30±	弱→强→间歇
中基性岩	爆发相→火山沉积相	20±	强→间歇
	爆发相→喷溢相→火山沉积相	20±	强→弱→间歇
	喷溢相→火山通道相→侵入相	20±	弱→末期→间歇

注:本表主要依据松辽盆地徐家围子地区 88 口钻井火山岩相划分结果统计而来

2.1.3 岩相序列分析

期次内部岩相结构特征表现为相序连续或准连续,一个期次通常包含一个或一个以上相序组合。一个完整的火山岩相序组合在纵向上表现为火山通道相→爆发相→喷溢相→侵入相→火山沉积相^[10]。这只是一个理想的火山喷发相序模式,实际情况中的相序组合可能只出现其中的 2、3 个岩相类型,亦可为单一的岩相类型,还可能出现相序重复、颠倒的情况。

相序变化实际上是火山活动强弱变化过程的表现和结果,不同岩性的火山岩期次内部相序变化有所不同。相序组合主要取决于火山喷发方式和距离火山活动中心的远近,而火山喷发方式又与岩性密切相关。酸性—中酸性岩、碱性岩区多以爆发相开始,中基性—基性岩多以喷溢相开始。

松辽盆地营城组火山岩相序变化主要由爆发相或喷溢相开始,较少由火山通道相开始;而一次相对完整的喷发通常应该结束于侵入相、火山通道相或火山沉积相(表 1)。侵入相的出现往往标志着一个期次的结束,而火山沉积相则表明火山活动进入间歇期。

2.2 地球物理方法

剖面岩性岩相资料易于获取,地质方法基本可以满足火山岩期次划分需要。钻井火山岩取心有限(一般情况下,取心段不足火山岩总体厚度的 5%),要对其进行期次划分,还需结合测井资料和地震资料来进行。

2.2.1 测井资料的运用

近年来, 测井资料被广泛用于识别钻井火山岩岩性^[7~9]、岩相^[6,11]。利用测井曲线变化特征已经可以较好地对钻井全井段火山岩岩性和岩相进行识别, 进一步可以结合岩相分析方法确定期次的区间及边界。

火山岩岩性、岩相测井识别一般运用识别灵敏度高的 6 条曲线, 即自然伽马、深侧向电阻率、补偿密度、声波时差、铀和钍。本文主要选取其中相关程度较低的三组曲线组合, 即伽马、电阻率和密度。

火山岩的自然伽马值由基性至酸性呈递增的变化趋势, 因而可以很好地对不同物质成分的火山岩进行识别。电阻率曲线与岩石结构紧密相关, 对于区分熔岩与碎屑岩的效果较好。密度曲线主要反映岩石致密程度和孔缝特征及充填情况。

通常情况下, 一套相同岩石组合的测井曲线变化相对稳定, 在测井曲线出现显著变化的地方可以划定出期次的边界。风化壳、沉积夹层和火山灰层等标志性界面各自具有较为显著的测井曲线响应特征: 风化壳显示高伽马、低电阻、低密度(图 2A); 沉积夹层与正常沉积岩相似, 曲线振幅高于相邻火山岩(图 2B); 凝灰岩层显示高伽马、低电阻、高密度, 伽马曲线为高振幅齿形, 电阻率通常为明显的低值(图 2C)。

测井资料在盆地钻井火山岩期次划分中, 主要利用测井曲线的变化划定期次的边界及区段, 判别非取心段火山岩岩性岩相, 与地质方法相结合来进行。

值得注意的是, 进行钻井火山岩岩性岩相测井识别, 需就研究区的实际情况, 利用岩心岩屑资料, 具体分析总结本区已知火山岩段的岩性、岩相及其测井响应特征。此外, 必须充分考虑流体充填、元素富集、风化蚀变等各种因素的影响; 还需进行火山机构分析及相邻井间岩性、岩相对比分析, 以便提高识别的准确度和精度。

2.2.2 地震资料的运用

地震资料随着精度的不断提高, 已被广泛应用于井间岩性岩相对比和旋回的详细划分。不同的火山岩相具有不同的地震反射特征^[12]。

利用地震资料划分期次, 也就是在地震剖面上圈定出不同期次喷发的火山岩所组成的火山机构。具体方法是在火山岩剖面上寻找具有丘状、穹隆状或透镜状反射特征的区域, 以此为中心向两侧追踪,

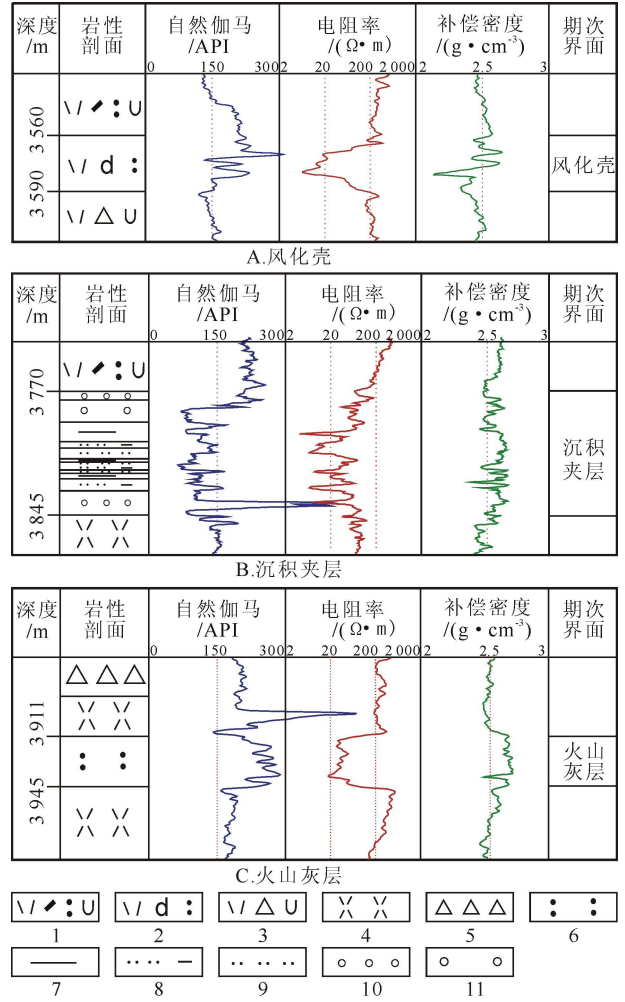


图 2 火山岩期次地质界面的测井曲线特征

Fig. 2 Logging characteristics of geological interfaces between volcanic stages

1. 流纹质晶屑凝灰熔岩; 2. 流纹质沉凝灰岩; 3. 流纹质角砾熔岩;
4. 流纹岩; 5. 火山角砾岩; 6. 凝灰岩; 7. 泥岩; 8. 泥质粉砂岩; 9. 粉砂岩;
10. 中砾岩; 11. 粗砾岩

终止在地质体顶部同相轴的下超点, 由此确定的界线就是该期火山岩的边界。当两个火山机构的远端叠置时, 可能找不到下超点, 将最薄处认为是火山边界所在地。据此方法在 ShS2-6-ShS2-7-ShS203 连井地震剖面上识别出 7 期火山机构(图 3A、3B)。各期火山机构具有如下反射特征: 火山机构中心具有低频、中弱振幅、连续性差的特征, 火山机构的远端具有中高频、中强振幅、连续性好的特征。

如图 3 所示, 每一种颜色代表同一个期次所形成的火山岩及其组成的火山机构。ShS2-6-ShS2

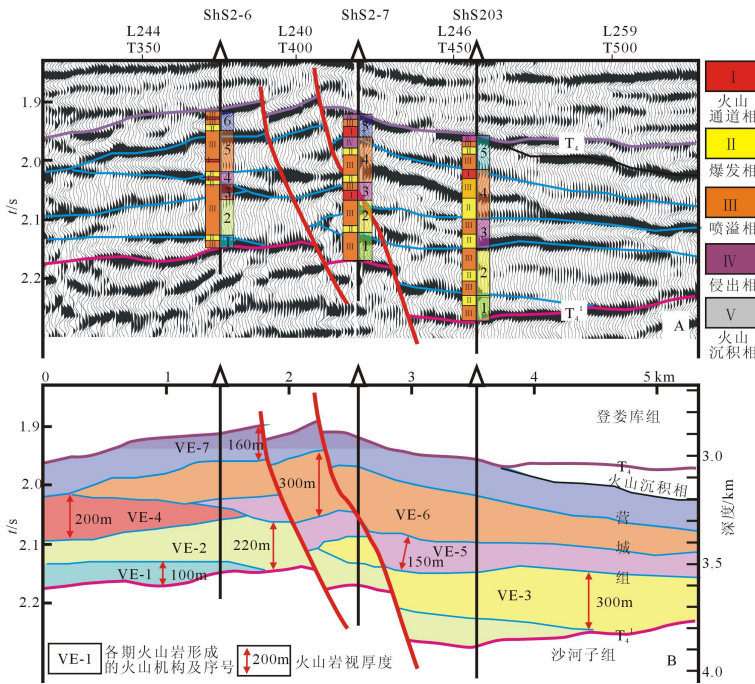


图 3 基于地震反射特征的 ShS2-6—ShS2-7—ShS203 井剖面火山岩期次划分

Fig. 3 Volcanic stage division of well section ShS2-6—ShS2-7—ShS203 by seismic reflecting characteristics

A. 地震剖面及钻井岩性、岩相剖面; B. 期次划分结果, 同一种颜色表示同一期次的火山活动所形成的火山岩

-7 - ShS203 连井火山机构由 7 期火山岩叠合而成, 单个期次的火山岩厚度为 100 ~ 300 m。位于火山机构的位置不同, 钻遇的火山岩厚度、岩性、岩相序列以及期次也存在差别, 但总体上仍然具有相似性和可比性。

ShS2-6 井火山岩厚度为 636 m, 划分 6 个期次, 最小厚度为 60 m, 最大厚度为 186 m; 岩石类型主要为流纹岩与流纹质火山碎屑(熔)岩类交替互层, 期次内部相序主要表现为喷溢相—爆发相、爆发相—喷溢相—火山通道相、爆发相—火山通道相—爆发相等。ShS2-7 井火山岩厚度为 690 m, 划分 5 个期次, 最小厚度为 84 m, 最大厚度为 214 m; 岩石类型主要为厚层流纹岩夹流纹质火山碎屑(熔)岩类, 期次内部相序主要为爆发相—喷溢相(—爆发相—侵出相)、火山通道相—喷溢相、火山通道相—喷溢相—侵出相。ShS203 井火山岩厚度为 771 m, 划分 5 个期次, 最小厚度为 106 m, 最大厚度为 207 m; 岩石类型主要为大套流纹岩夹流纹质角砾(熔)岩, 期次内部相序主要表现为喷溢相—爆发相(—喷溢相/侵出相)、爆发相—喷溢相(—火山通道相)。

将 ShS2-6、ShS2-7、ShS203 井利用岩性、岩相资料划分的期次投射到地震剖面上, 与地震资料划分结果基本吻合(图 3A)。

3 松辽盆地营城组旋回和期次划分实例

3.1 建组次层型实测剖面火山岩旋回和期次划分
剖面火山岩期次划分主要依据地质方法, 需充分分析实际勘察所获取的岩性、岩相资料, 并结合观察确定相关地质界面。

松辽盆地营城组实测主剖面位于吉林省九台市城子街镇斜尾巴沟—官马山—团结村一带, 揭示营城组总厚度约 1 130 m, 自下而上分为下段、一段、二段和三段, 划分为 5 个火山活动旋回。火山岩旋回和期次的详细划分及相关地质界面见图 4。

营城组下段为中基性旋回, 以中基性火山岩夹碎屑岩为主, 营一 D1 井揭示厚度为 31.74 m, 岩性以玄武岩和玄武质角砾凝灰岩为主, 岩相为喷溢相和爆发相。一段为酸性旋回, 以流纹岩及其火山碎屑岩类互层为主, 根据其岩性岩相组合序列特征及珍珠岩、膨润土等相关界面, 可以划分为 5 个期次。二段为火山—沉积旋回, 以碎屑岩夹凝灰岩含煤为主, 根据沉积特征划分 4 个期次。三段主体为下部基性旋回, 以玄武岩、玄武质集块熔岩为主, 划分 2 个期次; 顶部为酸性旋回, 流纹质隐爆角砾岩、流纹质凝灰角砾岩和柱状节理流纹岩, 仅划分为 1 个期次。

3.2 深层钻井火山岩旋回和期次划分

钻井火山岩期次划分主要通过录井、测井资料

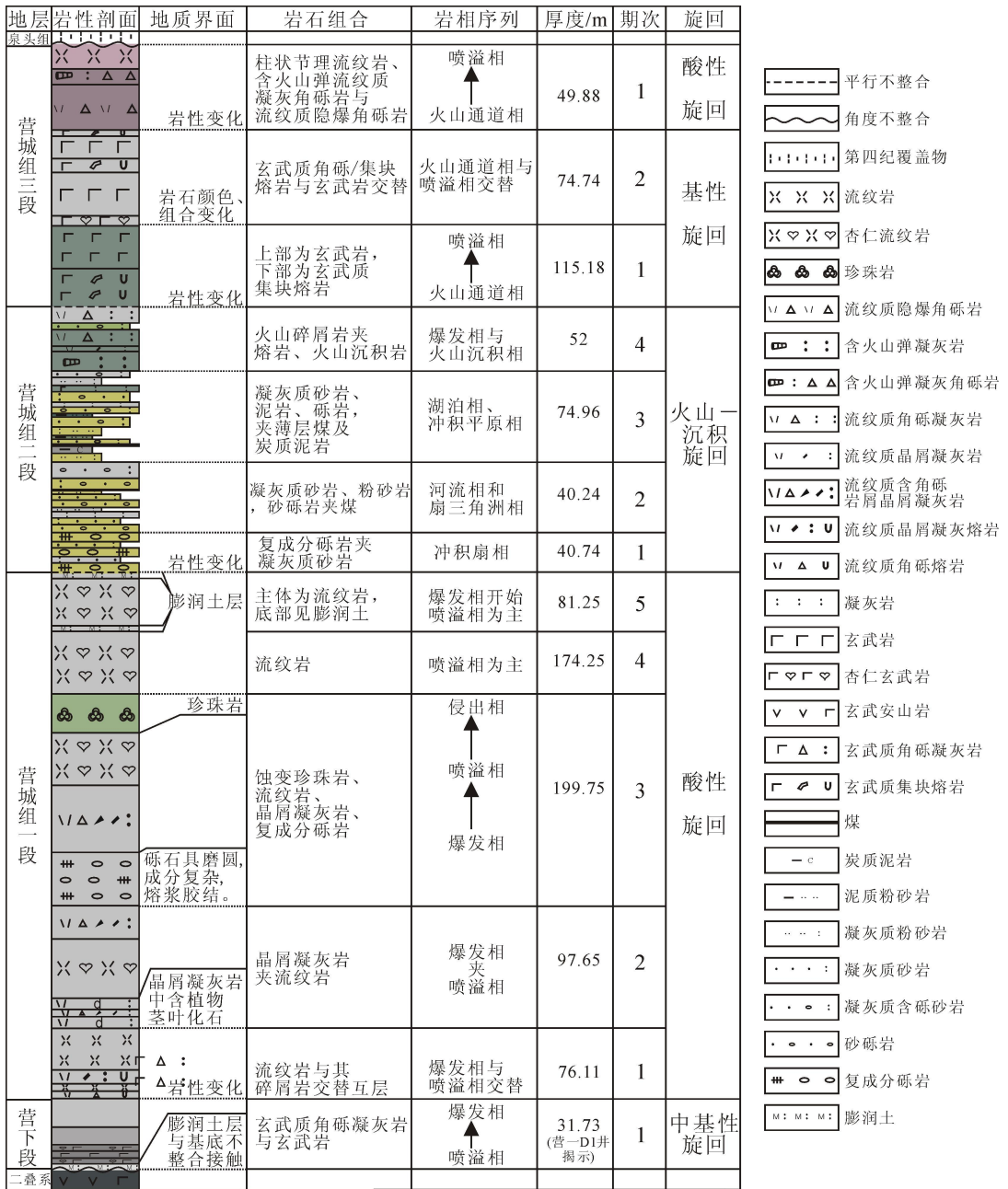


图 4 松辽盆地营城组建组次层型实测剖面火山岩旋回和期次划分

Fig. 4 Division of volcanic cycles and stages to measured section of the Yingcheng Formation establishment hypostratotype Songliao Basin

分析进行, 具体包括以下几个方面: (1) 依据录井岩性剖面来详细研究火山岩段岩石组合和纵向序列变化; (2) 通过岩心观察和岩心岩屑薄片鉴定, 结合录井岩性剖面进行岩相划分和相序分析; (3) 利用测井资料对非取心段火山岩岩性岩相进行识别和校正, 并根据测井曲线变化特征识别期次界面、划分期次区间; (4) 火山机构位置分析和相邻井间岩性岩相对

比。

以 XS401 井为例 (图 5), 火山岩段总厚度为 440 m, 划分 5 个期次, 其中期次 3 厚度最大, 为 180 m, 其它期次厚度均为 60 m 左右。每个期次对应于一个旋回, 呈现交替、周期性变化, 由下而上依次为酸性—基性—酸性—基性—酸性。

从图中可以明显看出, 基性旋回岩石类型以玄

武岩为主,局部夹薄层玄武安山岩;岩相类型以喷溢相为主;测井伽马曲线呈现低值,平均值为 40API 左右,曲线变化平稳,低振幅,微齿状。

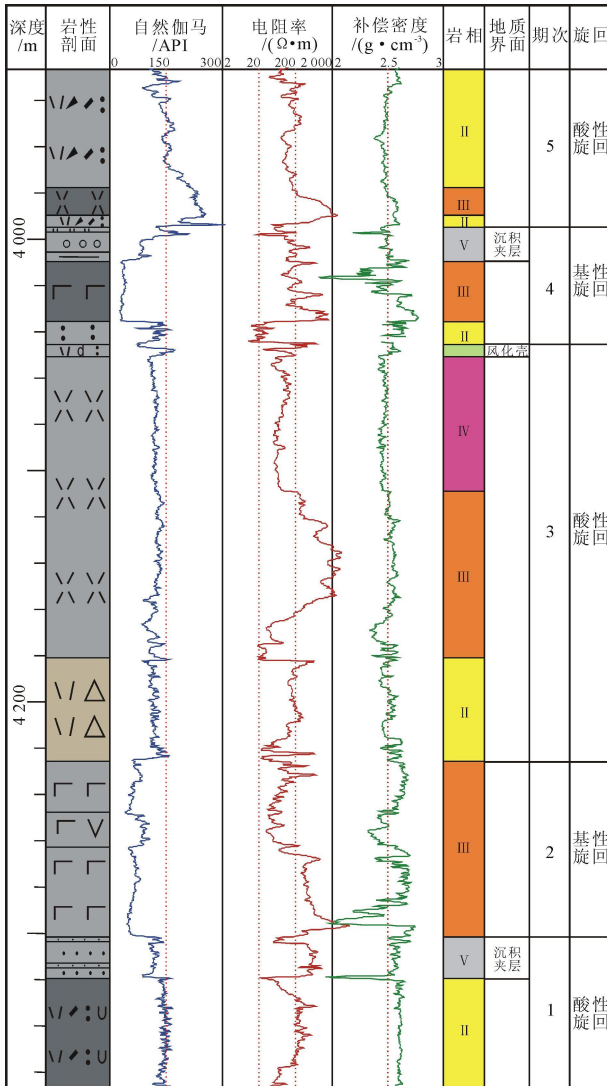


图 5 XS401 井火山岩旋回和期次划分

Fig. 5 Division of volcanic cycles and stages to well XS401
岩性图例同图 2、图 4, 岩相符号图例同图 3

酸性旋回岩石类型主要为流纹岩、流纹质岩屑/晶屑凝灰岩;多以爆发相开始,相序类型主要为爆发相—火山沉积相、爆发相—喷溢相—侵出相/火山沉积相/爆发相;伽马曲线值显著升高,平均值为 120~150 API。熔岩段曲线变化平稳,低振幅,微齿状;火山碎屑(熔)岩段曲线振幅较大,呈指状、峰状、齿状。

期次 1、2 和期次 4、5 之间界面为沉积夹层,期次 3、4 之间界面为风化壳。

4 结论与讨论

松辽盆地营城组古火山机构是多期火山活动喷发形成的火山岩叠合而成的^[13]。因而在进行古火山机构相关研究时,首先要进行旋回和期次划分,详细研究每个期次的岩性、岩相组合、序列和内部结构特征,查明古火山活动过程及火山作用方式,进而鉴别各期火山机构的类型及其特征。反之,旋回和期次划分也要建立在火山机构的基础上,只有基于火山机构范围内的火山岩旋回和期次划分,才具有实质性的指示意义。

各期火山机构内部的裂隙通道、孔缝发育特征存在差异,每一期火山岩都可能是一个相对独立的储集和流动体系,其内部流体充填、分布情况不尽相同。火山岩气藏研究过程中,常依据相邻钻井所揭示的流体情况,结合地震剖面属性特征,勾画出不同的储集层。但是由于钻井分布数量有限,分布间距大、密度小,往往难以确定储层边界。此时,若结合期次的划分结果,便能够较好地解决这一问题。

松辽盆地营城组火山岩地层对比,旋回和期次的划分,期次内部流体的详细特征,将剖面古火山机构模型应用于盆地内的埋藏火山机构,这些都是松辽盆地火山岩油气勘探与开发亟待解决的问题,还需进一步深入研究。

参考文献(References):

- [1] Jackson J A. Glossary of geology, 4th ed[M]. Alexandria: American Geological Institute, 1997: 769.
- [2] 《地球科学大辞典》编委会. 地球科学大辞典: 基础科学卷[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 992.
Editorial Board of Geoscience Dictionary. Geoscience dictionary: basic sciences[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 992.
- [3] 区域地质矿产地质司. 火山岩地区区域地质调查方法指南[M]. 北京: 地质出版社, 1987: 303.
Bureau of Regional Geology and Mineral Resources. Guide to regional geology survey in volcanic rocks covered area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987: 303.
- [4] 谢家莹. 试论陆相火山岩区火山地层单位与划分[J]. 火山地质与矿产, 1996, 17(3/4): 85—93.
XIE Jiaying. Approach to volcanic stratigraphic unit and its division in continental volcanic terrain[J]. Volcanology & Mineral Resources, 1996, 17(3/4): 85—93.

- [5] 丁林, 周勇, 张进江, 等. 藏北鱼鳞山新生代火山岩及风化壳复合堆积物的组成和时代[J]. 科学通报, 2000, 45(14): 1475—1481.
DING Lin, ZHOU Yong, ZHANG Jin-jiang, et al. Constitution and age of the Cenozoic volcanics and compounded accumulations of weathering crust in Mount Yulin, Northern Tibet[J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(14): 1475—1481.
- [6] 郭振华, 王璞珺, 印长海, 等. 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 Zhen-hua, WANG Pu-jun, YIN Chang-hai, et al. Relationship between lithofacies and logging facies of the volcanic reservoir rocks in Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(2): 207—214.
- [7] 陈建文, 魏斌, 李长山, 等. 火山岩岩性的测井识别[J]. 地质前缘, 2000, 7(4): 458.
CHEN Jian-wen, WEI Bin, LI Chang-shan, et al. Logging identification of volcanic lithology[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 458.
- [8] 黄布宙, 潘保芝. 松辽盆地北部深层火山岩测井响应特征及岩性划分[J]. 石油物探, 2001, 40(3): 42—47.
HUANG Bu-zhou, PAN Bao-zhi. The log characteristics of deep igneous rocks and lithology determination in the northern Songliao Basin[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2001, 40(3): 42—47.
- [9] 魏斌, 陈建文, 李长山, 徐家围子断陷火山岩岩性的测井识别技术[J]. 特种油气藏, 2003, 10(1): 73—75.
WEI Bin, CHEN Jian-wen, LI Chang-shan. Logging identification technique of volcanic rocks in Xujiaweizi fault depression[J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2003, 10(1): 73—75.
- [10] 王璞珺, 吴河勇, 庞颜明, 等. 松辽盆地火山岩相: 相序、相模式与储层物性的定量关系[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(5): 805—812.
WANG Pu-jun, WU He-yong, PANG Yan-ming, et al. Volcanic facies of the Songliao Basin: sequence, model and the quantitative relationship with porosity & permeability of the volcanic reservoir[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(5): 805—812.
- [11] 邱春光, 王璞珺, 门广田, 等. 松辽盆地徐家围子断陷火山岩岩相和亚相的测井识别[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(增刊): 123—127.
QIU Chun-guang, WANG Pu-jun, MEN Guang-tian, et al. Well logging to identify volcanic rock facies and subfacies in Xujiaweizi fault depression of northern Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2003, 33(Sup.): 123—127.
- [12] 唐华凤, 王璞珺, 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 Hua-feng, WANG Pu-jun, JIANG Chuan-jin, et al. Seismic characters of volcanic facies and their distribution relation to deep faults in Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2007, 37(1): 73—78.
- [13] 黄玉龙, 王璞珺, 冯志强, 等. 松辽盆地改造残留的古火山机构与现代火山机构的类比分析[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2007, 37(1): 65—72.
HUANG Yu-long, WANG Pu-jun, FENG Zhi-qiang, et al. Analogy of physical features amongst modern, ancient and buried volcanoes: a case study from Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2007, 37(1): 65—72.