

The Characteristics of Seismic Facies of Carboniferous Volcanic in Chepaizi Area

Zhaolei Wang¹, Jihui Zhang², Xili Deng³

¹China University of Petroleum (Beijing), Beijing

²Research Institute of Petroleum Exploration and Development of Xinjiang, Karamay Xinjiang

³Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing

Email: wangzhaolei126@126.com

Received: Jul. 18th, 2015; accepted: Aug. 5th, 2015; published: Aug. 11th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The volcanic reservoir space in carboniferous of Chepaizi area is mainly controlled by facies, and different facies have different types of cracks and pores. By the study of the characteristics of seismic facies of volcanic rocks, it can fine identify the volcanic facies, thus fine describing volcanic bodies. By the analysis of seismic facies of drilling in the research area, we summarized that the high-yield wells in carboniferous are characterized as follows: high-yield wells subfacies are mainly near the crater; the occurrence of the volcanic and the interface of the formation constitute a "reversed roof" mode; the multiperiodic volcanism characteristics are obvious; weathering crust reservoir is developed; and the reservoir and caprock have a favorable combination.

Keywords

Carboniferous, Volcanic, Facies, Seismic Facies

车排子地区石炭系火山岩地震相特征

王兆雷¹, 张吉辉², 邓西里³

¹中国石油大学(北京), 北京

²新疆油田勘探开发研究院, 新疆 克拉玛依

³中国石油勘探开发研究院, 北京

Email: wangzhaolei126@126.com

收稿日期：2015年7月18日；录用日期：2015年8月5日；发布日期：2015年8月11日

摘要

车排子地区石炭系火山岩储集空间类型主要受岩相控制，不同的岩相控制了不同的孔缝组合类型，通过火山岩地震相特征的研究，可以精细识别火山岩岩相，从而对火山机构进行精细描述。通过对工区钻井地震相特征的剖析，总结工区石炭系高产井特征如下：高产井以近口亚相为主；火山岩产状与地层界面构成“反屋脊”模式；多期次火山作用特征明显；风化壳储层发育；有利的储盖组合。

关键词

石炭系，火山岩，岩相，地震相

1. 引言

车排子油田石炭系火山岩油气藏自发现以来，已发现石油地质储量五千多万吨，储量规模大，勘探潜景好。但在近30年间，石炭系火山岩油气藏一直没有形成规模，可见，实现火山岩油气藏的有效建产还有很大困难。一方面，火山岩油气藏为特殊类型的油气藏，低孔低渗，非均质性很强，含油气性差别很大[1][2]；另一方面，车排子地区的火山岩在地下埋藏很深，大都经历了不同期次的风化剥蚀和各种类型的差异性构造运动，属于改造残留的火山岩体，难以对火山机构做精细描述，这些方面严重制约了车排子地区的勘探步伐。本文通过对火山岩地震相特征的研究，获知地下火山岩的形态特征和分布规模，建立车排子地区火山岩新的成藏模式，为车排子地区的滚动勘探部署提供指导。

2. 区域地质概况

研究区位于准噶尔盆地西北缘南端，北以车21井区为界，南至车541井区，西面与中石化矿区相邻，东邻中拐凸起。构造上位于准噶尔盆地西部隆起与中央坳陷结合带，为南北长，东西方向窄的条带状区域。由东向西，依次被红车断裂，小拐断裂和车前断裂等三条大型逆断裂切割为三个条带，逐渐抬升；由南向北，被一些东西向小型正断裂切割，北高南低。目前工区已被三维地震资料完全覆盖，满覆盖面积约800平方公里。工区钻揭地层由新到老依次为白垩系，侏罗系，三叠系，二叠系，石炭系，其中石炭系火山岩为主要研究目的层之一(图1)。

石炭系总体埋藏较深，发育有上千米厚的火山岩地层。受构造抬升运动的影响，石炭系北高南低，西高东低，整体成东南倾单斜。工区内有多口钻井钻揭石炭系，钻遇不同岩性的火山岩，包括火山角砾岩、玄武岩、安山岩、凝灰岩等。

3. 火山岩地震相特征

3.1. 火山岩岩相划分

火山岩岩相是指火山活动环境及在该环境下所形成的特定火山岩岩石类型的总和[3]。火山岩岩相是火山运动，火山岩沉积环境的反映，对火山岩相的研究，有助于研究不同岩性组合之间的成因联系，对古火山机构的精细描述具有重要的指导作用。不同的岩相，往往具有不同的孔隙和裂缝组合特征，岩相的研究，对火山岩的储层分布有重要的指导意义[4]-[6]。

根据研究目的、研究对象等的不同，存在多种类型的火山岩相划分方案。邱家骧等基于火山喷发形

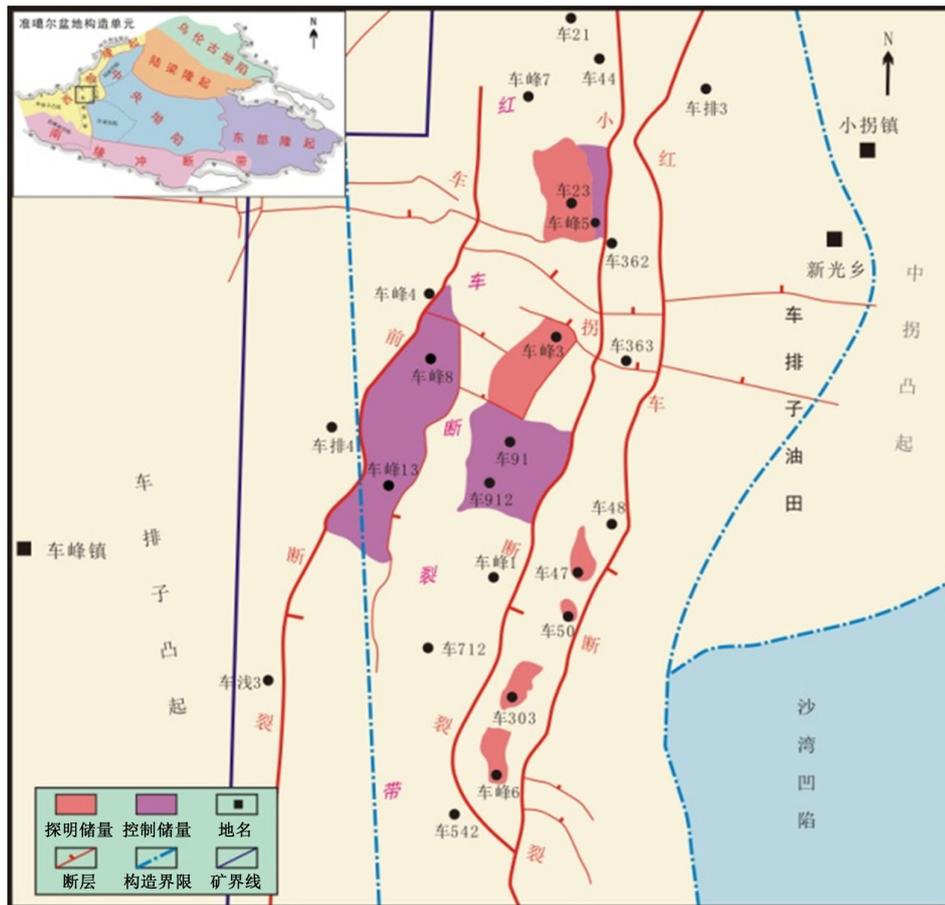


Figure 1. Research location of Chepaizi oilfield
图 1. 车排子油田工区位置图

式、喷发环境等将火山岩划分为 11 种相[3]，陈建文等根据岩芯观察以及测井地震资料等将徐家围子营城组火山岩划分为 8 种相[7]。以上分类体系多依据火山作用机理和火山喷发形式进行划分，对个别地区具有普适性，但是，这些划分方案也存在一定的局限性，首先，对不同岩相的成岩方式的论述较少，其次，没有涉及到相与储集层物性之间的关系，没有表现亚相与孔缝组合之间的联系，因而不能满足利用岩相预测储层的研究目的。由于火山岩相分类方案的不统一，给火山岩相的研究带来了很大的困难。王璞珺等结合松辽盆地火山岩特点，提出了“岩性 - 组构 - 成因”的盆地火山岩相分类方案，将火山岩相分为 5 种相、15 种亚相[8] (表 1)。

王璞珺的分类方案既遵循一般的分类方案原则，又具有很强的实用性[9]。根据该方案并结合准噶尔盆地车排子地区火山岩特点，依据该区火山岩岩性、形成条件、作用机理、以及分布特征等，结合工区钻录井资料分析，将研究区火山岩相划分为爆发相、喷溢相、火山沉积相、火山通道相和侵入相。工区内钻井资料目前未显示火山通道相和侵入相特征。

爆发相是岩浆在内部大量气体的压力作用下，爆炸产生大量火山碎屑岩。爆发相形成于火山旋回的早期，主要发育于火山口或近火山口地区，横向分布面积小，纵向厚度大，是分布最广泛的火山岩相。又分为空落亚相、热基浪亚相和热碎屑流亚相。后期受压实作用影响，物性好坏与沉积岩特征相似。

喷溢相形成于火山旋回的中期，主要以熔岩流的形式存在，是火山熔岩在后续喷出物的推动作用下和自身的重力作用下，沿地表流动形成的。受岩浆的冷凝固结作用影响，气孔、构造缝较发育。

Table 1. Classification of the basin volcanic facies/sub-facies (according to PuJun Wang 2003 simplified)
表 1. 盆地火山岩相和亚相分类(据王璞珺 2003 简化)

相	亚相	特征岩性
火山通道相(位于火山机构下部)	火山颈亚相	熔岩、角砾/凝灰熔岩及熔结角砾岩
	次火山岩亚相	次火山岩、玢岩和斑岩
	隐爆角砾岩亚相	隐爆角砾岩
爆发相(形成于火山旋回早期)	空落亚相	含火山弹和浮岩块的集块岩、角砾岩、晶屑凝灰岩
	热基浪亚相	含晶屑、玻屑、浆屑的凝灰岩
	热碎屑亚相	含晶屑、玻屑、浆屑、岩屑的熔结凝灰岩
喷溢相(形成于火山旋回中期)	下部亚相	细晶流纹岩、含同生角砾的流纹岩
	中部亚相	流纹构造流纹岩
	上部亚相	气孔流纹岩
侵出相(形成于火山旋回后期)	内带亚相	枕状和球状珍珠岩
	中带亚相	块状珍珠岩和细晶流纹岩
	外带亚相	具变形流纹构造的角砾熔岩
火山沉积岩相	含外碎屑火山碎屑沉积岩	含外来碎屑的火山凝灰质砂砾岩
	再搬运火山碎屑沉积岩	层状火山碎屑岩/凝灰岩
	凝灰岩夹煤沉积亚相	火山凝灰岩与煤层互层

火山沉积相是火山岩相和沉积相的过渡，可形成于火山活动的各个时期。主要发育于距火山口较远地区，分布面积较广泛。是压实作用导致的胶结成岩，物性特征与沉积岩特征相似，发育粒间孔和各种原生、次生孔和缝。

3.2. 地震相特征

地震相是地震反射的面貌，具体表现为各种地震相标志的特征，它是特定的沉积相的地震响应[10]。根据不同的地震相特征可以推断出它的沉积相，进而恢复出当时的沉积环境。地震相标志包括地震反射外形、地震反射结构和地震反射构型。

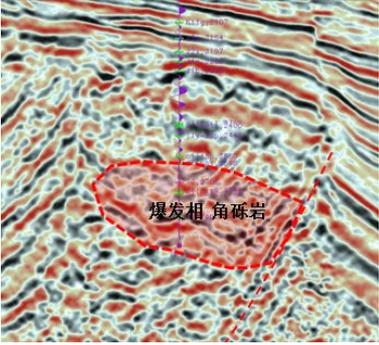
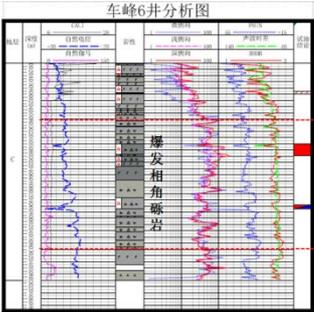
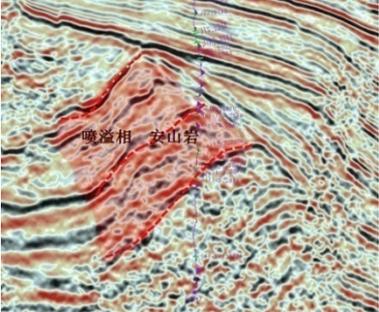
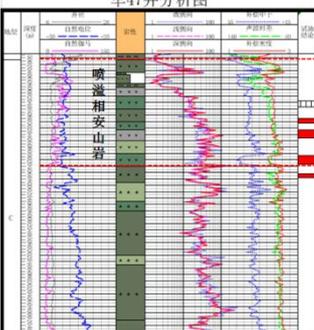
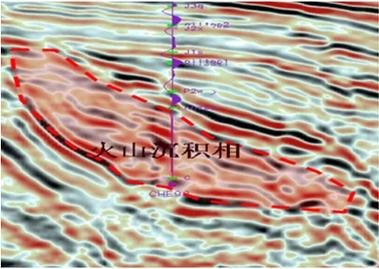
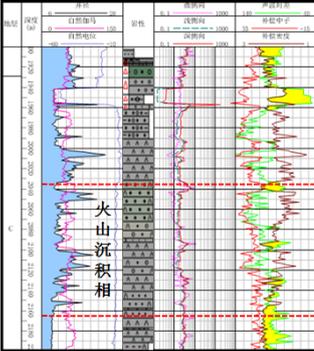
地震反射外形即地震相单元的整体外部形态特征。大多数地震相反射外形都是沉积体外形的反映，对沉积体的解释具有重要的意义。地震反射结构是指地震剖面上反射同相轴的物理地震学特征，包括视振幅、视频率、同相轴的连续性三个方面。地震反射构型指的是地震反射同相轴的形态和叠置关系。典型的地震反射构型有平行亚平行反射构型、波状反射构型、丘状反射构型、前积反射构型等。

基于车排子地区过井地震剖面，结合车排子地区测井、录井曲线特征，识别不同的火山岩岩相，对车排子地区不同岩相的火山岩地质体的地震相特征进行归纳总结(表 2)。

爆发相具有以下特征：振幅强度中等，中低频，连续性较弱的杂乱发射结构。爆发相火山岩岩石类型复杂，平面连续性差，在地震剖面上与围岩的反射特征多存在明显的差异，包括振幅强弱，连续性的好坏等，多与围岩同相轴存在明显的错断，反射外形多呈丘状或不规则透镜状。

喷溢相具有以下地震相特征：反射振幅为强振幅或者中强反射振幅，低频或中低频，连续性中等，部分连续性差。喷溢相火山岩平面连续性较好，岩石类型横向分布较稳定，成层性较好。连续性较好的大套溢流相地层多与围岩存在明显的波阻抗界面，使下覆地层成空白反射特征，反射外形多呈席状或反屋脊状。

Table 2. Characteristics of seismic facies
表 2. 地震相特征

岩相	剖面	地震相特征	井曲线	井曲线特征
爆发相		不规则透镜状外形 中振幅中低频弱连续性的杂乱反射		曲线较光滑， 变化幅度小 GR: 0 - 15 API AC: 60 - 70 us/m DEN: 2.2 - 2.8 g/cm ³
喷溢相		反屋脊状外形 中强振幅中低频中连续性反射特征		曲线平直，呈锯齿状 变化，变化幅度小 GR: 15 - 45 API AC: 60 - 80 us/m DEN: 2.2 - 2.6 g/cm ³
火山沉积相		透镜状外形 中强振幅中频较连续反射		曲线锯齿化严重， 并夹有尖峰 GR: 60 - 90 API AC: 70 - 140 us/m DEN: 1.2 - 2.4 g/cm ³

火山沉积相地震相特征：中强反射振幅，中频，同相轴连续性较好。火山沉积相具有搬运沉积的特征，分层较好，横向分布好，反射外形多呈透镜状或层状。

3.3. 地震相平面分布

火山喷发分为三个时段，初期，火山喷发能量较强，大量的爆发相物质在火山口附近堆积，厚度大，面积小；中期，能量减弱，火山熔浆沿地表流动，形成喷溢相熔岩，主要发育于火山口附近的斜坡处；后期，火山沉积相物质在距火山口较远处搬运沉积。火山喷出的通道形式有三种：中心式喷发，裂隙式喷发，复合式喷发[11]，中国沉积盆地的火山岩多为中心式喷发和复合式喷发[12]。

根据工区钻井资料以及前人研究成果表明：车排子地区火山主要以中心式喷发为主。受火山喷发强度和火山岩浆性质以及构造地形的影响，火山岩在平面上形成了特殊的展布形态。研究区平面上主要有三个喷发中心，分别位于车峰 7、车 41 井附近；车 23、车峰 5、车 91 井附近；车 94、车 541 井附近等。在平面上，火山岩相以火山口为中心，围绕火山口，呈近南北向椭圆状或条带状展布特征。爆发相平面

分布面积小，主要围绕火山口附近，呈环状或条带状展布；喷溢相主要分布于距火山喷发中心稍远处，呈近南北向带状分布，分布面积广泛，且位于油气运移的优势通道上，易于发育成藏；火山沉积相主要发育于喷溢相外围，主要位于西部凸起边缘等(图 2)。

4. 岩相研究的意义

不同的火山岩形成机理和成岩环境形成了不同的火山岩岩相，控制了火山岩原生孔缝的充填情况以及次生构造孔缝的联通情况，所以不同岩相具有不同的岩石类型和孔缝组合关系。火山岩岩相的划分能够反映火山岩储层的物性特征，包括孔缝的发育情况和联通性等，对储层分布具有很强的指导作用[13]。

由于火山岩储层在垂向和横向上的非均质性很强，单纯的依靠钻井和测井信息很难对火山机构形成清晰的认识，尤其是在无井和少井地区，很难确定火山岩有利储层的分布从而使滚动勘探变得很盲目。通过地震剖面上不同的地震相特征识别不同的火山岩岩相，划分火山岩储集层有利相带，寻找火山岩裂缝发育带，对车排子地区的滚动勘探具有很强的指导意义。

根据王璞珺火山岩相的分类方案，结合松辽盆地火山岩油气藏特征，王璞珺将 15 种亚相分为四类储层，其中能够成为一类储层的有四种亚相：火山通道相的火山颈亚相，爆发相的热碎屑亚相，喷溢相的上部亚相和侵入相的内带亚相[14]。借鉴以上研究方法，根据车排子地区火山岩岩相的划分方案，总结不同岩相的储层物性特征，寻找该区火山岩相中的优质储层，然后在地震剖面上识别优质储层岩相发育带，从而缩小滚动勘探的目标。

通过对车排子地区油气藏岩相特征分析发现：爆发相主要受岩浆冷凝胶结作用和压实作用的共同影响，粒间孔发育，后期受风化淋滤影响，次生孔缝发育，物性较好；喷溢相主要受岩浆凝固结作用影响，气孔、石泡腔、杏仁内孔以及层间缝隙、节理缝隙、构造裂缝发育，是火山岩的优质储层；火山沉

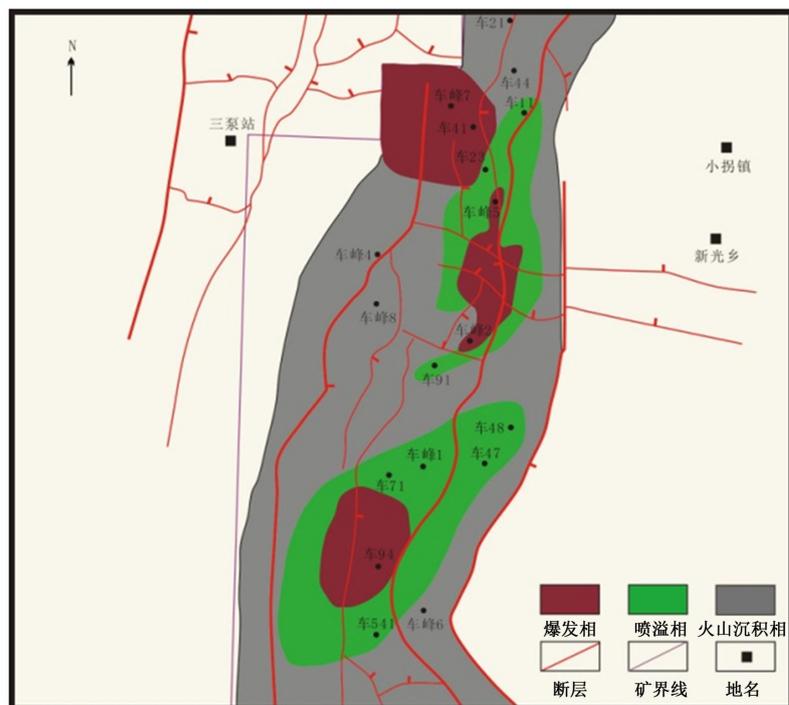


Figure 2. Plane distribution of seismic facies (according to Deng Xili, 2015)

图 2. 地震相平面分布(据邓西里, 2015)

积相主要受压实作用的影响，孔缝不发育，可以形成良好的盖层。

根据车排子地区石炭系钻井地震相特征的剖析，总结出工区火山岩高产井具有如下特征：

1) 高产井以近口亚相为主。如车 23 井，车 302 井等，它们多以隆起、潜山和斜坡带等正地形为主，更容易出露地表，受到剥蚀风化，因而储集层物性更好；另一方面，爆发相多发育于火山口附近，受成岩作用控制，孔缝较发育，岩石更易风化。

2) 火山岩产状与地层界面构成“反屋脊”模式。如车 47 井(图 3(a))、车峰 3 井等，受构造运动影响，火山岩地层发生倾斜抬升，与上覆地层成角度不整合接触，地震剖面上呈“反屋脊”式外形。上覆地层一方面对油气藏形成了侧向封堵作用，同时，角度不整合面还可以作为油气运移的通道。

3) 多期次火山作用特征明显。如车 4018 井(图 3(b))、车 50 井等，每个火山喷发期次，形成爆发相 - 喷溢相 - 火山沉积相 - 沉积相的特征，构成一个储盖组合。不同期次的储盖组合，以火山喷发间隙形成的致密火山岩沉积或泥岩沉积等为遮挡层，在纵向上可以相互叠加。

4) 风化壳储层发育。如车 233 井，车 4014 井等。火山岩风化壳是指抬升背景下，火山岩在表生环境中经风化淋蚀等物理、化学风化后形成的似层状地质体[15]。风化壳储层物性受岩性、岩相、断裂和风化时间等因素控制。一般构造缝发育，原生物性好，火山岩顶底部气孔较发育的火山岩更易风化。

5) 有利的储盖组合。工区油气主要来源于沙湾凹陷，不断的充注于构造高部位，构成了有利的源储组合，结合有利的盖层及断层、不整合等侧向遮挡，为油气成藏提供了必要的条件。该区高产井主要的储盖组合类型如下：喷溢相为储层，火山沉积相为盖层，如车峰 3 井(图 3(c))；喷溢相为储层，上覆泥岩作为盖层，如车 47 井；爆发相为储层，上覆泥岩为盖层，如车 50 井(图 3(d))；爆发相为储层，火山沉积相为盖层，如车 91 井(图 3(e))；爆发相为储层，喷溢相为盖层，如车 30 井(图 3(f))。

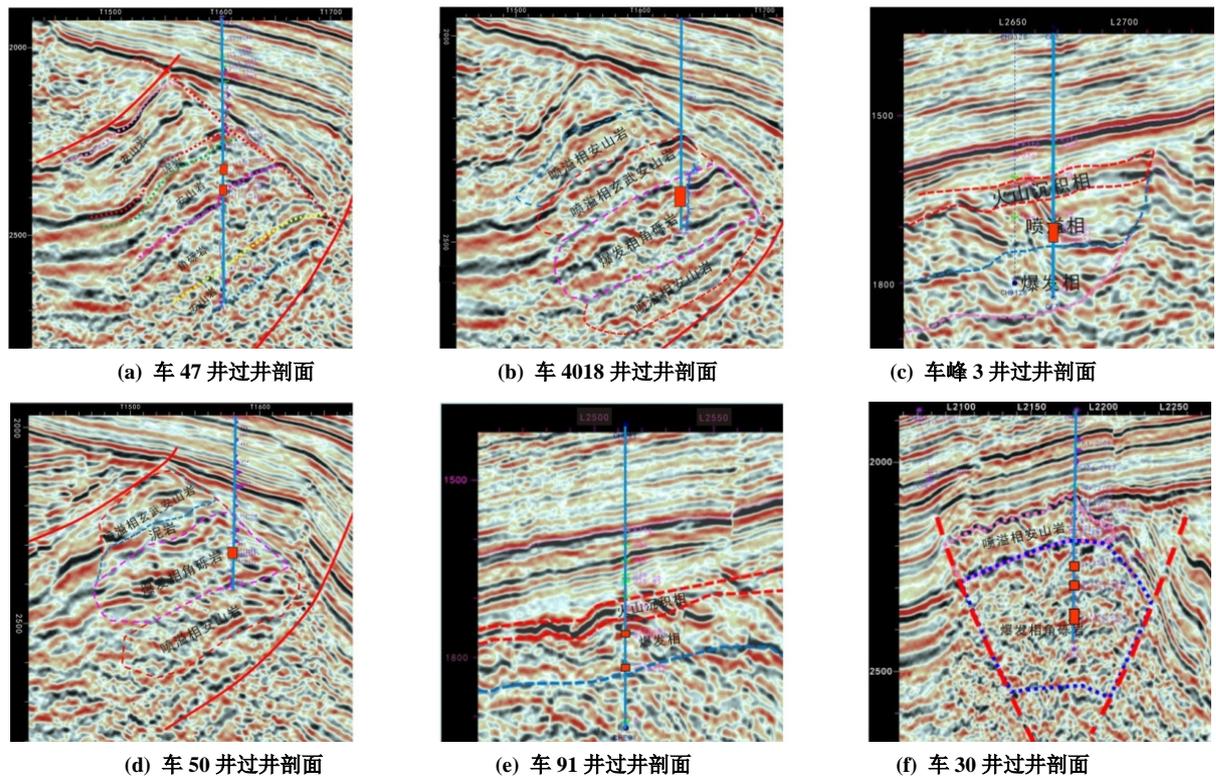


Figure 3. The cross-sectional view through the well

图 3. 过井剖面图

5. 结论

1) 通过对车排子地区火山岩地震岩相特征的研究,可以精细识别火山岩的岩相,从而对车排子地区的火山机构进行精细描述。

2) 通过工区钻井地震相特征的分析,总结高产井地震相特征如下:高产井以近口亚相为主;火山岩产状与地层界面构成“反屋脊”模式;多期次火山作用特征明显;风化壳储层发育;有利的储盖组合。

参考文献 (References)

- [1] 伊万顺,贾春明 (2009) 准噶尔盆地车排子凸起石炭系火山岩储层特征及主控因素. *新疆地质*, **1**, 49-52.
- [2] 支东明,贾春明,姚卫江,等 (2010) 准噶尔盆地车排子地区火山岩油气成藏主控因素. *石油天然气学报*, **2**, 166-169.
- [3] 邱家骧,陶奎元,赵俊磊,等 (1996) 火山岩. 地质出版社,北京.
- [4] 邹才能,陶士振,薛叔浩 (2006) “相控论”的内涵及其勘探意义. 第二届中国石油地质年会——中国油气勘探潜力及可持续发展论文集,中国石油学会石油地质专业委员会、中国地质学会石油地质专业委员会.
- [5] 侯连华,邹才能,匡立春,等 (2009) 准噶尔盆地西北缘克-百断裂带石炭系油气成藏控制因素新认识. *石油学报*, **4**, 513-517.
- [6] 金春爽,潘雯丽,乔德武 (2013) Volcanic facies and their reservoirs characteristics in eastern China basins. *Journal of Earth Science*, **24**, 935-946. <http://dx.doi.org/10.1007/s12583-013-0380-8>
- [7] 陈建文,王德发,张晓东,等 (2000) 松辽盆地徐家围子断陷营城组火山岩相和火山机构分析. *地学前缘*, **4**, 371-379.
- [8] 王璞珺,迟元林,刘万洙,等 (2003) 松辽盆地火山岩相:类型、特征和储层意义. *吉林大学学报(地球科学版)*, **4**, 449-456.
- [9] 王璞珺,陈树民,刘万洙,等 (2003) 松辽盆地火山岩相与火山岩储层的关系. *石油与天然气地质*, **1**, 18-23.
- [10] 王英民 (1991) 《地震相分析》讲座(三). 第三章:地震相分析方法. *岩相古地理*, **4**, 46-52.
- [11] 邱家骧 (2011) 火山特征与火山岩命名. *中国地质学会地质学史专业委员会第23届学术年会论文汇编*,中国地质学会地质学史专业委员会.
- [12] Zou, C.N., et al. (2010) Geologic characteristics of volcanic hydrocarbon reservoirs and exploration directions in China. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, **84**, 194-205. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1755-6724.2010.00181.x>
- [13] 邹才能,陶士振,周慧,等 (2008) 成岩相的形成、分类与定量评价方法. *石油勘探与开发*, **5**, 526-540.
- [14] 王璞珺,吴河勇,庞颜明,等 (2006) 松辽盆地火山岩相:相序、相模式与储层物性的定量关系. *吉林大学学报(地球科学版)*, **5**, 805-812.
- [15] 侯连华,罗霞,王京红,等 (2013) 火山岩风化壳及油气地质意义——以新疆北部石炭系火山岩风化壳为例. *石油勘探与开发*, **3**, 257-265.