

文章编号: 1000-0550 (2005) 01-0067-06

银根盆地查干凹陷火山沉积岩岩相特征及其识别标志

杨占龙^{1,2} 郭精义^{1,2} 陈启林^{1,2} 宋广寿³ 黄刚³

1(中国地质大学(北京) 北京 100083)

2(中国石油勘探开发研究院西北分院 兰州 730020)

3(长庆油田公司勘探开发研究院 西安 710021)

摘要 对银根盆地查干凹陷火山沉积岩岩相及其在地震剖面上的识别标志进行研究,探讨火山沉积作用与油气藏的关系,指出了与火山沉积作用有关油气藏的有利勘探区带。该区火成岩岩相类型有爆发相、溢流相、火山颈相及火山沉积相,尤以溢流岩的沉积作用最为发育;依据火山岩类通常以地震波速较高、密度大、磁化率高、电阻率大和地震波吸收能量大的特征,建立了几种火山沉积岩的地震识别标志。深大断裂控制着火成岩及与其相关的沉积作用的分布,同时控制着油气圈闭的分布。

关键词 银根盆地 查干凹陷 火山沉积岩岩相 识别标志 火成岩油气藏

第一作者简介 杨占龙 男 1970年出生 在读博士研究生 高级工程师 矿产普查与勘探

中图分类号 P588.21⁺1 **文献标识码** A

中国许多含油气盆地演化过程中都伴有火山活动,特别是火成岩侵入体以及与其相伴的火山沉积作用对盆地油气形成有重要作用^[1-7]。火山侵入体对烃源岩的热作用和对成烃过程的贡献是毫无疑问的,但是,火山活动以及与其相关的沉积岩作为储层或者形成油气圈闭在国内的例子较少。本文对中国油气勘探新区—银根盆地查干凹陷的火山沉积岩岩相进行了初步研究,目的在于建立火山沉积岩相的地球物理识别标志,研究火山沉积岩相的地质特征,讨论火山沉积岩相与油气藏的关系。这些问题的讨论,对于研究查干凹陷火山沉积岩相地质特征、地球物理识别标志及其与油气圈闭的成生关系有重要意义,同时,对于研究其它盆地的火山沉积岩相及与油气藏的关系也有借鉴意义。

1 地质背景

查干凹陷位于银根盆地中央隆起东北部查干德勒苏拗陷(图 1),是一个白垩系发育齐全的断拗叠置盆地,其中断陷层地层广泛分布,并具有良好生烃能力^[8,9],石油资源量 1.887×10^8 吨,具备形成油气藏的良好烃源条件。

查干凹陷火山活动强烈,活动期次多,延续时间长,与火山活动有关的沉积岩分布广泛,主要分布于中部断层的下降盘,展布宽度约 4~5 km,平面上沿

中部断层走向,成带状分布,厚度从断层(火山口)向外变薄尖灭。预测上升盘也有火山岩分布,但因该盘处于相对高部位,不是溢流方向,其厚度、范围都较小,推测在毛敦侵入带及其周围也有分布。

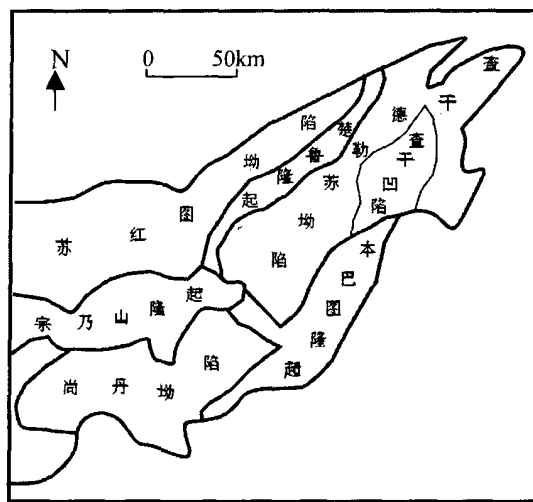


图 1 银根盆地东部构造单元划分图

Fig 1 Division of structural units in the east of Yin'gen basin

侵入岩和与其相关的火山沉积岩在平面上呈带状纵贯整个查干凹陷,长 45 km 以上,北东段较宽,向南西变窄,宽 4~10 km。在纵向上,北东段穿刺了苏红图组以下所有地层,向南西方向侵入岩顶面高度逐渐降低,被刺穿地层越来越老。向西消失,地层恢

复正常沉积层序。

2 火山沉积岩岩相特征

2.1 火山沉积岩岩性特征

据查干凹陷查参 1 井、毛 1 井钻井资料揭示,该区火山沉积岩集中分布于下白垩统苏红图组一段和二段下部。该段地层共有 8 套厚薄不等的中—基性火山沉积岩层出现。岩石类型主要由玄武岩、安山玄武岩、安山岩、粗安岩及安山质凝灰岩组成,累计厚度 503.5 m。主要为火山溢流相及火山沉积岩相。

该套火山岩主要为碱性玄武岩系列火山岩,其构造环境为板内裂谷碱性玄武岩。火山活动具有韵律性,以基性熔岩溢流开始,然后是中基性熔岩溢流,最后以间歇期正常碎屑或泥质沉积结束。

此外查干凹陷存在一个规模较大的北东向燕山晚期岩浆侵入体,它是继大面积早白垩世火山岩形成之后,深部残余岩浆再次聚集演化形成,岩性上为中性偏酸性岩类。

2.2 火山沉积岩岩相特征

火山沉积岩岩相是指火山沉积岩形成条件及其在该条件下所形成的火山沉积岩岩性特征的总和。根据火山沉积岩形成条件、火山作用机理、产出状态和形态等,将查干凹陷火山沉积岩岩相分为爆发相、溢流相、火山颈相及喷发沉积相,尤以溢流沉积相最为发育(图 2)。

2.2.1 爆发相

爆发相系指火山喷发形成不同高度的喷发柱,最初受到喷发气流,而后受到大气气流以及风力支撑在空气介质中搬运的火山碎屑,当初始动能和风速改变时,由于重力作用而落到地表的堆积物。爆发相中可见到平行层理和逆行砂波层理。其组成的岩石类型有安山质玄武岩、火山角砾岩及火山集块岩等。

2.2.2 溢流相

溢流相是粘度低的液态玄武质岩浆或挥发后饱和的(安山质、流纹质)岩浆平静地从火山口溢出,在地表有较强移动能力的熔岩,形成面状泛流的岩被或线状流动的岩流,具有各种形态和内部构造。研究区玄武岩中气孔、杏仁构造发育。查参 1 井中溢流相很发育,岩性主要有橄榄玄武岩、云母玄武岩、安山玄武岩、安山岩、玄武粗安岩及粗安岩组成。

2.2.3 喷发沉积相

喷发沉积相是火山爆发出的碎屑降落在水体中并与陆源碎屑一起堆积而形成,地层结构属于火山型

与正常沉积型之间的过渡类型,该相构造类型单一,可见生物化石。岩石类型主要为以陆源碎屑为主的凝灰质粉砂岩、凝灰质砂砾岩、凝灰质砂岩,尚有以火山碎屑物质为主的沉火山角砾岩、沉凝灰岩等。本区的喷发沉积相主要形成于冲积扇和山间河流沉积环境。此外还发育火山颈相。

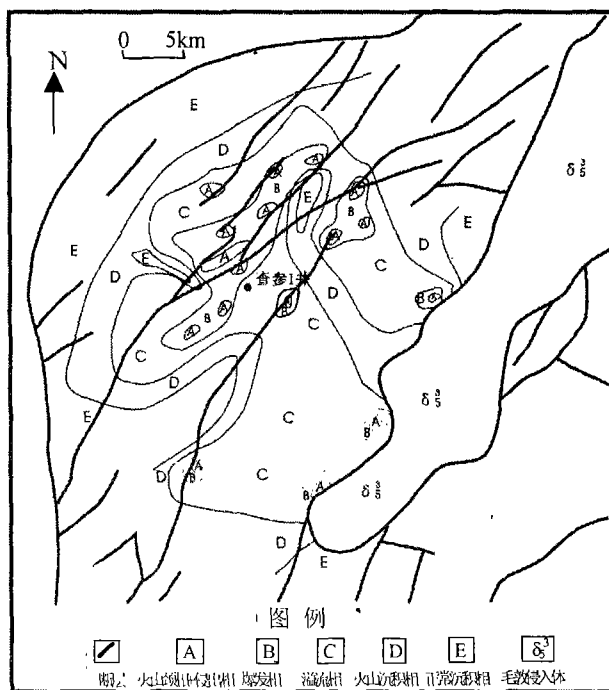


图 2 查干凹陷火成岩岩相图

Fig 2 The petrographic map of igneous rocks in Chagan depression

3 火山沉积岩岩相地震反射特征及识别标志

与正常沉积岩相比,火山岩及火山沉积岩类通常以地震波速较高、密度大、磁化率高、电阻率大和地震波吸收能量大为特征,因此可以利用地震技术来识别“高波阻抗”的火山沉积岩相与“低波阻抗”的正常陆源沉积相。

本次研究通过合成地震记录,将井资料火山沉积岩段正确标定到地震剖面上,通过剖面分析认为火山沉积岩相有以下地震反射特征。

3.1 板状反射特征

产状与围岩大体一致,或由近似平行的一组同轴组成,强反射波组与围岩反射形成明显对比。同轴个数与火山岩厚度、熔岩流层数及地震子波有密切

关系,薄层火山岩其顶底反射波叠合,形成一组平行的同相轴,而厚层或和多熔岩流层的火山岩其顶底反射波组分开,形成上下近似平行的反射;内部有弱层次的反射,表示着岩性或岩相及熔岩流层数的变化(图 3a)。多反映溢流相的基性熔岩流层,规模一般较大,成分较为稳定。

3.2 丘状或弧形反射特征

外形如丘状,顶部反射连续,振幅较强(亮点),同相轴呈弧形或起伏的曲线形,与正常沉积层的反射波干涉或斜交,并向两翼逐渐变弱,最后消失。围岩反射超覆其上,内部为杂乱反射或无反射强振幅(图 3b)。多反映具一定幅度的火山锥或规模较小的近火山口熔岩被堆积。

3.3 楔形反射特征

顶、底反射具有强振幅、低—中频、较连续,而反射体内为强振幅、低频、不连续或无反射,多表现为一头大而一头小的形态,外形呈楔状,可见外围反射超覆其顶界(图 3c)。多反映近火山口的裂隙式熔岩侧向溢流,能反映熔岩的流动方向及当时的古地貌状态。多发育在断层附近,靠断层处厚度大而远离断层厚度快速减小。具有这种地震相的火山沉积岩多以中基性为主,并有较多的凝灰质组份。

3.4 舌状或火焰状反射特征

产状与围岩不一致,反射体顶底界面多不平整,也不清楚,但据其内部的杂乱状反射、短而不连续的反射同相轴的分布可看出其形态而与围岩相区分;内

部的反射同相轴往往表示着岩性或和结构的变化(图 3d)。多反映中心—裂隙喷溢的中酸性火山熔岩的熔岩台地、侵出和/或溢出岩,规模不等、厚度及岩相变化较大,也可以是位于火山机构附近的次火山岩体沿地层层间薄弱带侵入而成;舌根部分厚度较大,代表着近火山机构位置,岩石结构较粗,而舌尖部分厚度较小,代表熔岩流动方向,岩石结构较细。

此外,侵入岩因不同的几何外形和与围岩的特殊接触关系而区别于火山沉积岩。在查干凹陷侵入岩形态可归纳为古潜山状、斜墙状、舌状(块状)、残丘状(图 4a、b、c、d)等。

侵入岩与沉积岩界面不平整,往往以较强弧形反射与围岩分界,内部无地震反射或呈杂乱反射,或反射同相轴变异,内部缺少平整连续的反射层或偶见短轴强反射(为围岩捕虏体)。岩体周围沉积岩的反射连续性明显中止或畸变,岩体内反射波振幅明显高于围岩,但反射频率较低。侵入岩呈不规则状形态多分布在断裂附近或断裂带中,或沿地层层裂缝或顺层挤入到沉积岩中。

4 火山沉积岩相与油气藏的关系

4.1 火山活动对油气的影响

(1)火成岩发育于早白垩世苏红图期,比油气成熟期早,从盆模资料得知,本凹陷在早白垩世晚期银根期开始生油,到晚白垩世乌兰苏海期达到高峰期。由于火成岩发育期早于生油期,所以对油气藏不会造

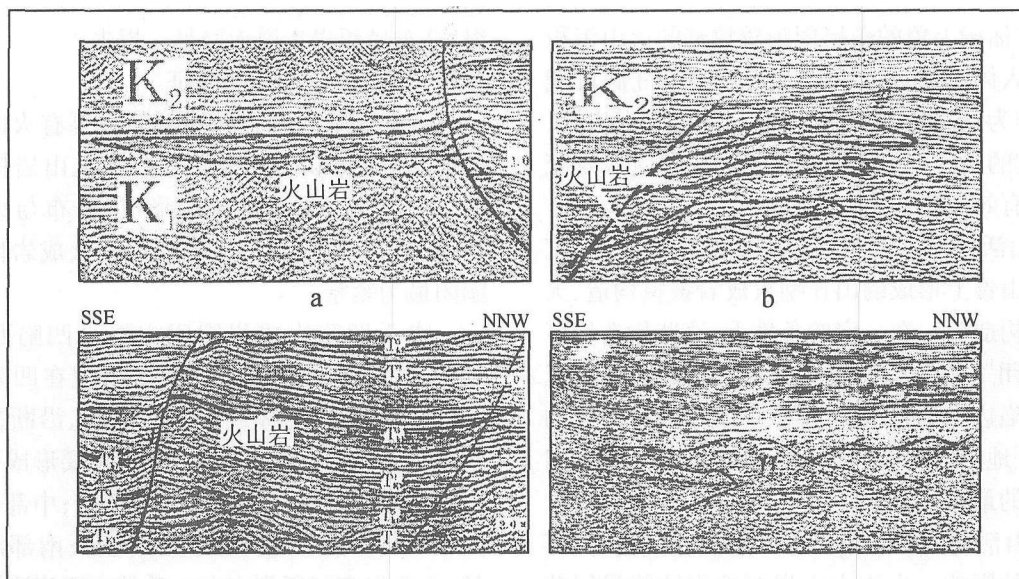


图 3 火山沉积岩岩相地震剖面反射特征

Fig 3 Seismic reflection features of volcanic petrography

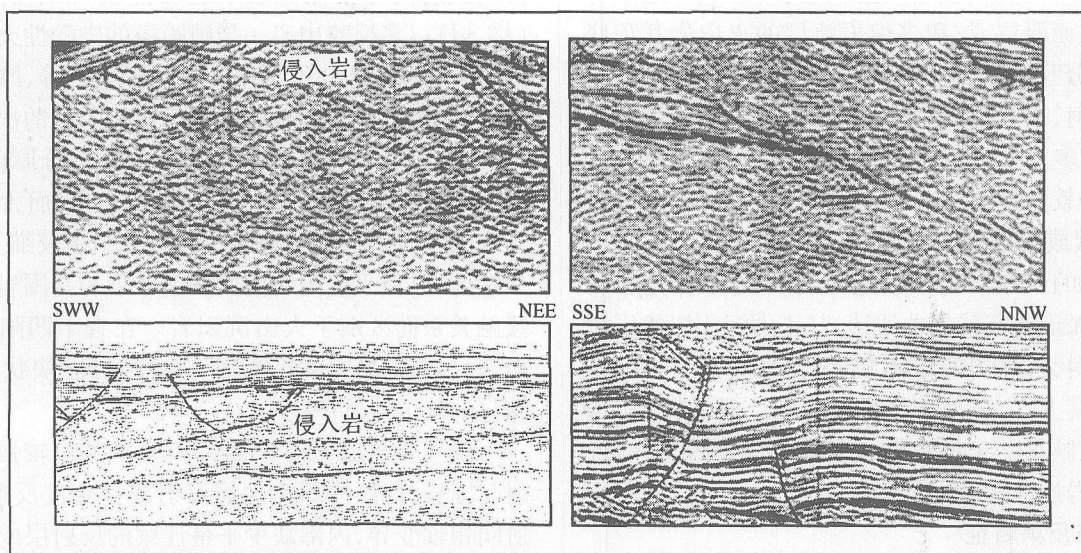


图 4 侵入岩岩相地震剖面反射特征

Fig 4 Seismic reflection features of intruded petrography

成破坏。

(2)从查参 1 井单井评价资料可知,查干凹陷地温梯度高达 $3.3 / 100\text{m}$,推测与火成岩成生相关。高的地温梯度,使烃源岩热演化程度增高,对油气形成起促进作用,降低了有机质的成熟门限深度,扩大了成熟烃源岩的有效范围。

(3)依据火山沉积岩自身特性,火山沉积岩既可作为储层,也可作为盖层,而侵入岩仅对油气藏提供封盖条件。在查参 1 井中发现暗色玄武岩孔隙和裂缝中含油,产油段上覆的盖层即为较致密的火山沉积岩。毛敦侵入体顶部曾遭风化剥蚀,气孔、缝洞可能很发育,可作为储集岩,侵入体的其它部分没有出露,未受风化,它的气孔、裂隙可能被方解石和白云岩充填很难形成有效储集岩。

(4)火山活动产生大量火山岩构造,如沉积岩直接披覆在火山锥上形成的山丘型火成岩披覆构造、火山刺穿牵引构造等。在一定的条件下,这些构造均可形成有利圈闭^{10~13}。由于毛敦侵入体封堵阻止油气进一步向凹陷边缘运移溢出,形成凹陷中面积最大的额 15 构造—地层复合圈闭(接触刺穿圈闭),该圈闭是油气聚集的最有利地区。

(5)火山活动及火山沉积岩对油气聚集和保存也有着不利的影响。由于火山岩对地震波能量屏蔽强,影响地震波的穿透,导致火山岩以下地层反射模糊,对地层的识别产生不利影响。毛敦侵入体产状与

断层产状一致,倾角小于 45° 造成圈闭上、下高点不符合,很难兼探多层圈闭。同时侵入体边界不光滑,因地层差异而呈层状插入地层中,为钻前预测带来困难。预测查干凹陷侵入岩对附近的围岩蚀变 $1 \sim 5 \text{ km}$,能使 R_0 偏高 0.5% ,这些区带对烃类保存是不利的。侵入岩破坏的烃源岩宽度 4 km ,长 45 km ,按烃源岩厚度 700 m 算,被破坏的烃源岩达 120 km^3 以上。虽然可从有机质成熟门限深度减小得到一定补偿,但从查参 1 井资料看,生烃的主力层是巴音戈壁组,这对烃源岩来说无疑是一损失。

4.2 火成岩圈闭分布特征

查干凹陷火成岩圈闭类型主要有火山沉积岩岩性地层(如查参 1 井、毛 1 井)和火山岩构造复合圈闭(图 5)。火成岩圈闭的形成、分布与火成岩的发生、发展有着直接的关系,特别是火成岩体的分布与圈闭最为紧密。

查干凹陷火成岩圈闭主要沿凹陷西部控凹断裂—图拉格正断层分布,其次出现在凹陷西部断阶上,再次环火山岩体或沿火山岩体、沿断裂带或平行断裂带分布。在西部断阶带上,主要形成了与构造带走向一致的北东轴向火成岩圈闭带;中部毛敦侵入带上,主要发育北东向火成岩圈闭带;南部海力素背斜带,主要发育与断裂走向一致的火成岩圈闭带。这些特征说明断裂发育程度不仅控制了火成岩的分布,也控制了火成岩圈闭分布,从而使断裂带成为火成岩油

气藏勘探的最有利区带。

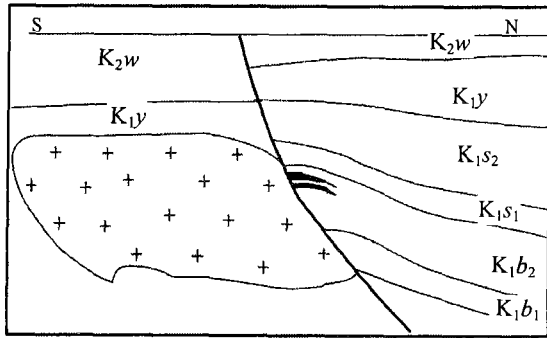


图 5 火成岩构造复合型圈闭

Fig 5 Compositional trap related to igneous rocks

5 结论

通过以上研究本文得出以下结论:

(1) 查干凹陷火山沉积岩岩相类型有爆发相、溢流相、火山颈相及火山喷发相, 尤以溢流沉积相最为发育, 与油气藏关系最为密切;

(2) 与正常沉积岩相比, 火山沉积岩相通常以地震波速较高、密度大、磁化率高、电阻率大和地震波吸收能量大为特征, 因此可以利用地震技术来识别“高波阻抗”的火山沉积岩相与“低波阻抗”的陆源沉积相。在地震剖面上火山沉积岩相具板状、丘状或弧形、楔形及舌状或火焰状反射特征而区别于正常沉积地层和侵入岩;

(3) 火成岩圈闭的形成、分布与火山沉积岩的发生、发展有直接关系, 特别是火成岩体的分布与圈闭最为紧密。对大多数与火成岩有关的圈闭, 其形成期是火成岩的发育、发展期。深大断裂控制着火山沉积岩岩相的分布, 同时又控制着火成岩油气藏的分布, 因此断裂发育带附近是火成岩油气藏勘探的最有利地区。

参考文献 (References)

- 1 赵澄林, 孟卫工. 辽河盆地火山岩与油气. 北京: 石油工业出版社, 1999 [Zhao Chenglin, Meng Weigong. Igneous rock and oil-gas bearing in Liaohu Basin. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999]
- 2 高知云, 章谦澄. 黄骅盆地新生代火山岩与油气. 北京: 石油工业出版社, 1999 [Gao Zhiyun, Zhang Qiancheng. Igneous rock and oil-gas bearing of Cenozoic in Huanghua Basin. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999]
- 3 张坤, 刘峰, 程秀芹. 松辽盆地南部火山岩及其在成藏过程中的作用. 大庆石油地质与开发, 2002, 21 (3): 16 ~ 17 [Zhang Kun, Liu

- Feng, Cheng Xiuqin. Volcanic rock and its function during reservoir forming in Southern Songliao Basin. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2002, 21 (3): 16 ~ 17]
- 4 陈岩. 克拉玛依油田一区石炭系火山岩油藏剖析. 新疆石油地质, 1988, 9 (1): 17 ~ 31 [Cheng Yan. Volcanic oil reservoir analysis of Carboniferous 1 area, Kalamay oilfield. Xinjiang Petroleum Geology, 1988, 9 (1): 17 ~ 31]
- 5 操应长, 姜在兴, 邱隆伟. 山东惠民凹陷商 741 块火成岩油藏储集空间类型及形成机理探讨. 岩石学报, 1999, 15 (1): 129 ~ 136 [Cao Yingchang, Jiang Zaixing, Qiu Longwei. Study on the type and origin of the reservoir space of igneous oil reservoir in Shang 741 block, Huimin depression, Shandong. Acta Petrologica Sinica, 1999, 15 (1): 129 ~ 136]
- 6 熊琦华, 吴胜和. 三塘湖盆地二叠系火成岩储集特征及储层发育的控制因素. 石油实验地质, 1998, 20 (2): 129 ~ 134 [Xiong Qihua, Wu Shenghe. Characteristics of igneous reservoir and controlling factors of reservoir development in the Permian of the Santanghu Basin. Experimental Petroleum Geology, 1998, 20 (2): 129 ~ 134]
- 7 杨新明. 闵桥油田火山岩油藏储层特征研究. 江苏油气, 1993, 4 (3): 24 ~ 31 [Yang Xinming. Study on reservoir characteristics for volcanic reservoirs. Jiangsu Petroleum, 1993, 4 (3): 24 ~ 31]
- 8 郭彦如. 银根盆地查干凹陷流湖盆层序的控制因素与形成机理. 沉积学报, 2004, 22 (2): 295 [Guo Yanru. Controls and formation mechanism of the sequences in the Chagan fault depressed stagnant lacustrine depression, Yin-E basin. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22 (2): 295 ~ 301]
- 9 岳伏生, 马龙, 李天顺. 查干凹陷下白垩统碎屑岩储层成岩演化与油气成藏. 沉积学报, 2002, 20 (4): 644 [Yue Fusheng, Ma Long, Li Tianshun. Diagenetic Evolution and oil gas accumulation from clastic rock of Lower Cretaceous in Chagan depression. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20 (4): 644 ~ 649]
- 10 赵立, 陈家敏, 王学良. 青龙台地区火山岩成藏特征研究及储层预测. 特种油气藏, 2001, 8 (1 总 26): 53 ~ 56 [Zhao Li, Chen Jianmin, Wang Xueliang. Study on igneous reservoir forming conditions and reservoir prediction of Qinglongtai area. Special Oil and Gas Reservoirs, 2001, 8 (1 total 26): 53 ~ 56]
- 11 吴伟, 张秀荣, 徐东芳. 徐家围子断陷火山岩圈闭含气性的综合评价. 大庆石油学院学报, 2002, 26 (2): 9 ~ 11 [Wu Wei, Zhang Xiurong, Xu Dongfang. Comprehensive evaluation of gas bearing traps in volcanic rocks of Xujiaweizi depression. Journal of Daqing Petroleum, 2002, 26 (2): 9 ~ 11]
- 12 仇劲涛, 罗海炳, 王国勇. 东部凹陷中段火山岩成藏条件分析. 特种油气藏, 2001, 8 (1): 57 ~ 62 [Qiu Jintao, Luo Haibing, Wang Guoyong. Igneous reservoir forming conditions of Central east Sag. Special Oil and Gas Reservoirs, 2001, 8 (1): 57 ~ 62]
- 13 李伟忠, 王铭宝, 蒋龙. 高青油田孔店组火山岩油藏储层特征及成藏规律. 特种油气藏, 2003, 10 (2): 108 ~ 111 [Li Weizhong, Wang Mingbao, Jiang Long. Characteristics and forming conditions of volcanic reservoirs in Kongdian Formation of Gaoqing Oilfield. Special Oil and Gas Reservoirs, 2003, 10 (2): 108 ~ 111]

Volcanic Sedimentation Petrography facies, Identification and Oil-gas Bearing, Chagan Depression, Yin 'gen Basin

YANG Zhan-long^{1,2} GUO Jing-yi^{1,2} CHEN Qi-lin^{1,2}

SONG Guang-shou³ HUANG Gang³

1(China University of Geosciences, Beijing 100083)

2(Northwest Branch, RIPED, PetroChina, Lanzhou 730020)

3(Exploration and Development Research Institute of Changqing Oil Field Company, Petro China, Xi'an 710021)

Abstract Based on volcanic sedimentation petrography facies and their identification on seismic, the relationship between volcanic petrography sedimentation facies and oil-gas reservoirs has been discussed, then proposed the prospective areas. In Yin'gen basin the types of volcanic sedimentation petrography facies include explosion facies, outflow facies, volcanic-neck facies and volcanic sedimentary facies, especially the outflow facies. According to the geophysical characteristics of volcanic sedimentation petrography facies (high seismic velocity, high density, high susceptibility, high resistance and high absorption coefficient to seismic wave), four volcanic sedimentation petrography facies and four intruded petrography facies are established. Deep-faults control the distribution of igneous rocks and igneous traps. The prospective zones of igneous reservoir are near fault belts.

Key words volcanic sedimentation petrography, seismic identification, igneous reservoir, Chagan depression, Yin gen basin