

文章编号: 1000-0550(2011)06-1156-08

三塘湖盆地马朗凹陷卡拉岗组火山岩岩性及岩相特征研究^①

梁浩^{1,2} 苟红光² 王志矿² 崔娥² 孟旺才² 张志更²

(1. 中国地质大学资源学院能源地质工程 武汉 430074; 2. 中国石油吐哈油田分公司勘探开发研究院 新疆哈密 839009)

摘要 火山岩地层的对比和划分是研究其岩性、岩相及变化规律的前提和基础。根据测井、地震资料结合孢粉组合分析,确定三塘湖盆地马朗凹陷卡拉岗组火山岩在研究区具有北厚南薄和东厚西薄的特征。孢粉组合表现为裸子植物花粉明显优势于蕨类植物孢子,孢粉以科达粉、弗氏粉、单束细肋粉、冷杉多肋粉组合为特征,其中科达粉含量最多(25.3%~54.3%)。测井响应与其上沉积岩相比表现为“三低两高”的特征,即:低自然伽马、低声波时差、低补偿中子、高密度、高电阻,与哈尔加乌组相比表现为低自然伽马、中高电阻的特征。岩性以基性—中性的玄武岩、安山岩为主,其次为凝灰岩、沉凝灰岩、火山角砾岩等。马朗凹陷卡拉岗组火山岩岩相可划分为爆发相、溢流相和火山沉积相三种岩相带,火山活动以相对宁静的溢流相为主,其次为强烈的爆发相,火山沉积相仅在局部地区发育。

关键词 马朗凹陷 卡拉岗组 火山岩岩相

第一作者简介 梁浩 男 1966年出生 高级工程师 博士研究生 石油地质 E-mail: lianghao1@hotmail.com

中图分类号 TE122.2⁺22 **文献标识码** A

0 引言

油气在火山岩中成藏与否储层是关键。位于沉积岩之下的火山岩体顶面往往是溢流相气孔、杏仁富集带,易受到物理风化和化学水解作用的改造,与裂缝共同构成火山岩优质储层的孔缝系统,为油气成藏提供了良好的储集空间和场所^[1,2],另外火山岩体内部的爆发相火山角砾岩、自碎角砾岩往往基质孔隙发育,也是内幕型油藏中油气聚集的主要空间。因此,火山岩相的发育与分布对火山岩油气成藏有重要影响。

火山岩相研究对恢复古火山机构、空间展布规律和喷发旋回演化有重要的意义^[3~6]。确定火山岩的岩性、岩相及岩石学特征,既是火山岩储层研究的基础,也是火山岩储层储集空间类型、发育规律及其形成机制研究的前提。

本文利用分布在马朗凹陷、条湖凹陷和方方梁凸起的30多口探井资料,对三塘湖盆地石炭系上部层系卡拉岗组层系火山岩岩性、岩相、测井、地震属性分析和电磁特性等诸多方面的研究,探讨了优质火山岩储层的成因机理;总结了影响火山岩储层物性的主要因素及其形成机制。

1 地质概况

马朗凹陷位于三塘湖盆地中央拗陷带的中东部^[7],面积约1400 km²,是盆地内主要的油气运聚单元,已发现黑墩、马中和牛圈湖等油藏。近年来,又在牛东构造带发现了牛东2号石炭系卡拉岗组火山岩油气藏,盆地内上石炭统自上而下分为卡拉岗组、哈尔加乌组和巴塔玛依内山组,目前在卡拉岗组和哈尔加乌组均获得了工业油气流,油藏类型分别为下生上储式和自生自储式。地震资料反映上石炭统地层在盆地内分布广泛,地层厚度大于4000 m,具有北厚南薄的特征。目前盆地内共有十几口探井钻穿上石炭统卡拉岗组,研究程度相对较高,是本文研究的重点层系,该组岩性以火山岩为主,中间夹有泥岩、碳质泥岩、凝灰质泥岩、凝灰岩和凝灰质粉砂岩等碎屑岩,碎屑岩总体不发育,厚度一般小于百米,且平面变化快,局部地区厚度大于500 m。

2 卡拉岗组火山岩地层特征

火山岩地层对比划分是岩性、岩相及变化规律研究的前提和基础。卡拉岗组位于石炭系顶部,目前盆地内钻遇该套地层的探井达30多口,这些探井主要

^①中国石油天然气股份有限公司科技研发项目(编号:2008B-01)资助。
收稿日期:2011-02-20;收修改稿日期:2011-06-30

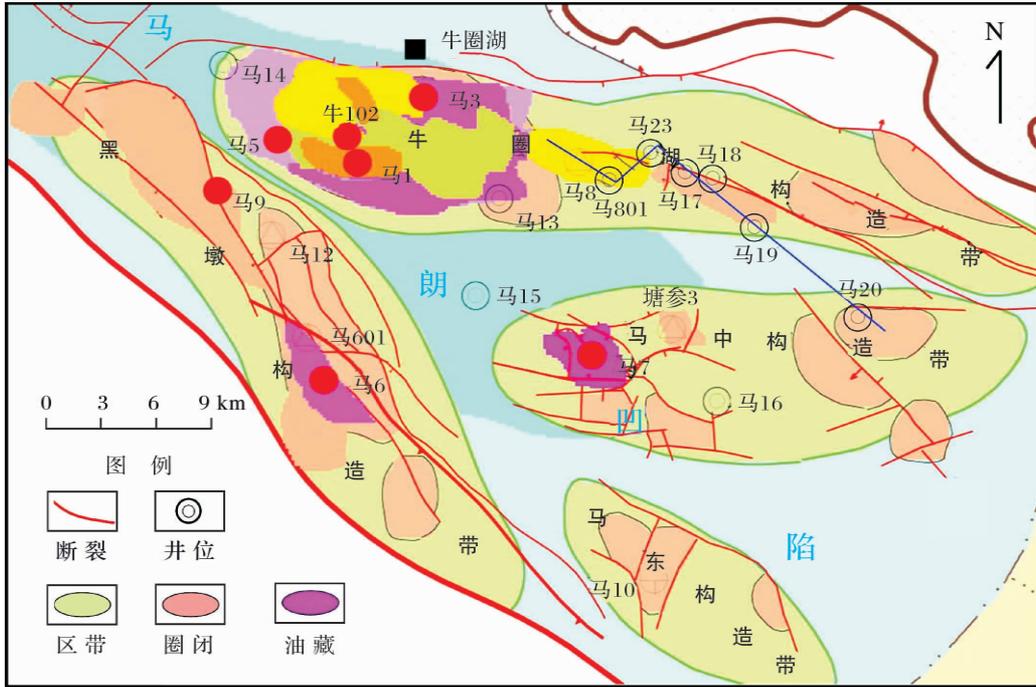


图 1 马朗凹陷钻遇卡拉岗组探井分布图

Fig.1 The distribution of exploration wells in the group of Kalagang in Malang sag

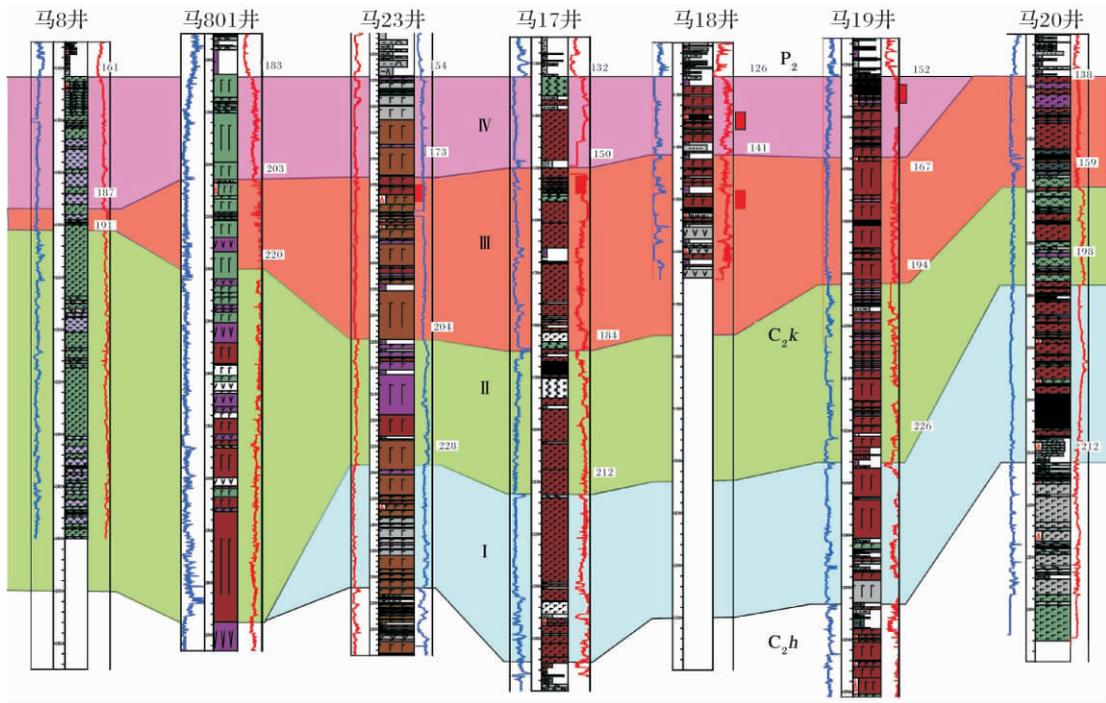


图 2 马 8—马 23—马 18—马 20 井石炭系地层对比图

Fig.2 The comparison diagram of Carboniferous strata between the Well ma8-ma23-ma18-ma20

分布在马朗凹陷、条湖凹陷和方方梁凸起上(图 1), 卡拉岗组地层以火山岩为主具有横向变化快, 测井响应特征差异小, 古生物和孢粉匮乏等特点, 地层对比标志少, 难度大。但我们通过井震结合、精细研究依

然探索出了几点实用性强的对比标志和特征, 提出来与大家共勉。卡拉岗组火山岩与其上部的沉积岩地层在岩性、电性和测井响应特征有明显差异, 易于划分对比(图 2)。与其上的沉积岩相比卡拉岗组地层

表现为“三低两高”的特征,即:低自然伽马、低声波时差、低补偿中子、高密度、高电阻。与底部哈尔加乌组火山岩地层也有差异,首先哈尔加乌组顶部发育一套碳质泥岩煤系源岩地层,可作为分割卡拉岗组和哈尔加乌组两套火山岩地层的标志层,该标志层虽然厚度不大但分布较为稳定,目前盆地内有近十口井钻遇该标志层,钻井揭示厚度为9~66 m。此外,从岩性和电性特征来看,卡拉岗组以低自然伽马、中高电阻的中—基性火山岩为特征,而哈尔加乌组为高自然伽马、高电阻的中—酸性火山岩为主。

火山岩地层中古生物和孢粉含量少,但仍然从部分钻井和露头剖面的薄沉积岩夹层中检测出植物花粉,并总结出不同层系的孢粉组合规律,为区域上地层对比提供了有力的证据。从孢粉组合来看,卡拉岗组裸子植物花粉(74.6%~100%)绝对优势于蕨类植物孢子(0~25.4%),裸子植物花粉以科达粉(Cordaitina)、弗氏粉(Florinites)、单束细肋粉(Protohaploxylinus)、冷杉多肋粉(Striatoabietes)组合为特征,其中科达粉含量最多(25.3%~54.3%),其次为弗氏粉(5.5%~31.9%)。而哈尔加乌组孢粉以波托尼粉(Potonieisporites)一皱囊粉(Parcisporites)一弗氏粉(Florinites)组合为主,科达粉含量与卡拉岗组相比显著减少。

盆地内多口探井已钻穿卡拉岗组地层,我们以钻井资料为基础,结合地震和非地震资料来准确把握该套地层的平面展布规律。卡拉岗组地层在马朗凹陷内明显厚于条湖凹陷,马朗凹陷以北厚南薄、东厚西薄为特征,而条湖凹陷呈现出南厚北薄的规律。马朗凹陷卡拉岗组地层厚度变化不大,在800~1000 m左右,到盆地周边或凸起部位由于遭受风化剥蚀,残余厚度明显减薄,东南部方方梁凸起上的卡拉岗组地层已剥蚀殆尽。

3 卡拉岗组火山岩岩性特征

录井资料可宏观反映火山岩岩性发育规律,但有部分岩性定名不够准确的缺憾,岩石薄片鉴定资料能准确定名,但有受到取芯限制的影响难以把握宏观规律的弊端。因此,我们以岩芯刻度测井,对岩性重新校正,采用两者相结合能较好地把握卡拉岗组火山岩岩性的发育规律。依据录井和岩石薄片鉴定资料,牛东地区卡拉岗组主要发育三大类岩石类型(表1):①熔岩类:玄武岩(或粗玄岩)、玄武质安山岩、安山岩,分布普遍且厚度大;②火山碎屑岩类:依据火山碎屑

物含量的不同可分为正常火山碎屑岩和沉火山碎屑岩两个亚类;③沉积岩类:包括砂砾岩、泥岩等,一般分布于火山岩体的顶部,常为薄层。

表1 马朗凹陷卡拉岗组岩石主要类型
Table 1 The main rock types in the group of Kalagang in Malang sag

类	型	主要岩性
熔岩类	基性岩	玄武岩、安山玄武岩等
	中性岩	安山岩、玄武安山岩等
火山碎屑岩类	正常火山碎屑岩	凝灰岩、火山角砾岩等
	沉火山碎屑岩	沉凝灰岩、凝灰质砂砾岩等
沉积岩类		砂砾岩、细—粗砂岩、泥岩等

3.1 熔岩类以基性—中性为主

玄武岩:是基性喷出岩类的典型代表^[8,9],由于铁镁质的矿物含量高,颜色以灰黑色、灰绿色、灰褐色、红褐色等深色系为主。玄武岩是卡拉岗组火山岩的主要岩石类型,经过测井校正后的岩性统计表明,玄武岩含量占地层总厚度的27.2%~59.6%(表2)。玄武岩岩芯致密坚硬,主要构造类型有:流动构造、气孔、杏仁构造,杏仁体较发育,一般占岩石体积的5%~42%,多被沸石或其它矿物充填或半充填。在镜下以斑状结构、粗玄结构、间隐结构为主(图3),其次是隐晶质—半晶质结构,电性以低自然伽马、中高电阻为特征(图4)。

表2 马朗凹陷卡拉岗组校正后不同岩性百分比统计
Table 2 The percentage of different lithology after calibration in the group of Kalagang

井号	马17井	马19井	马20井	马21井	马23井	马801井
C ₂ k 厚度/m	1000	1028	737	737	977	1048
玄武岩/1%	59.6	27.2	61.1	47.6	53.5	44.3
安山岩/1%	16.1	25.9	20.3	24.1	30.9	32.9
凝灰岩/1%	8.2	17.2	5.5	1.9	3.2	0.3
火山角砾岩/1%	15.3	27.7	12.0	25.4	10.3	21.5
砂砾岩/1%	0	0.4	0.6	0.3	0.3	0.2
(粉)砂岩/1%	0.8	0.5	0	0.4	1.2	0
泥岩/1%	0	1.1	0.5	0.3	0.6	0.8

安山岩:该区卡拉岗组钻遇安山岩的井主要分布在牛东构造带的东南部,以马19、马21、马26等井为代表,校正后的录井资料统计安山岩一般小于卡拉岗组地层厚度的33%。安山岩在各井所占比例差异较大,岩石薄片鉴定在马19、马21井见到了典型的安山岩,所占比例稍高,占薄片个数的29.7%~32.3%。安山岩岩芯以灰色、灰绿色、紫红色等为主,

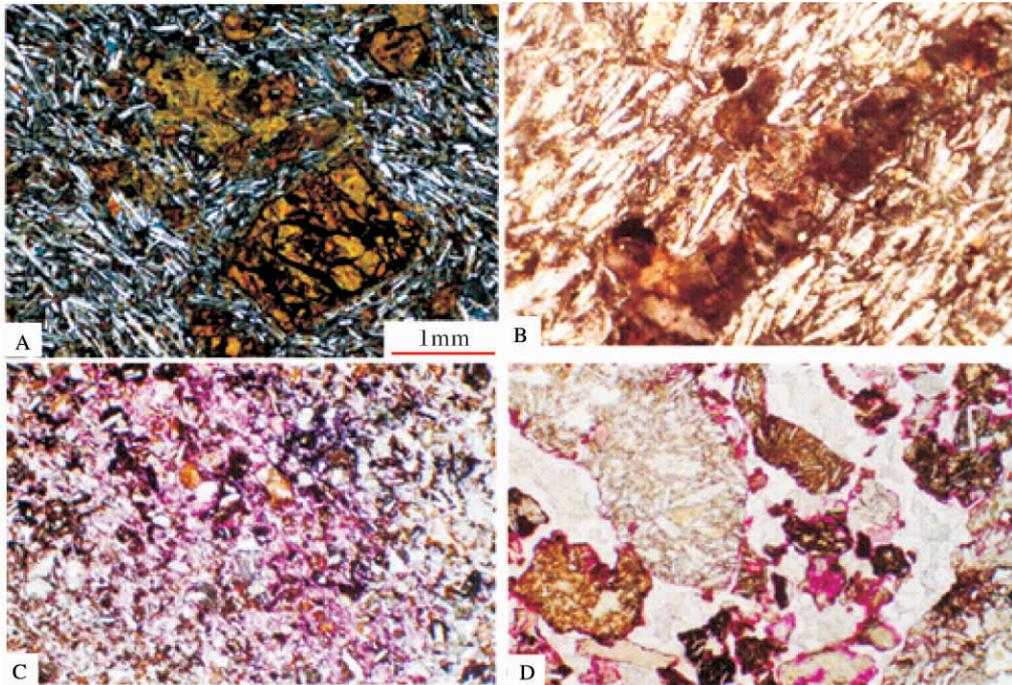


图3 卡拉岗组不同岩性镜下显微特征图

A. 马17井, C_2k 1551.1 m, 伊丁石化橄榄玄武岩, 粗玄结构; B. 马25井, C_2k 2462.73 m, 安山岩, 交织结构, 长石蚀变强, 钠沸石充填缝;
C. 牛东9-10, C_2k 1424.25 m, 沉凝灰岩, 微收缩缝及伊蒙混层化微孔; D. 牛东9-10, C_2k 1455.52 m, 火山角砾(安山砾)岩

Fig. 3 The microscopic identification of different volcanic lithology

交织结构、半晶质—玻璃质交织结构(图3)是安山岩的典型结构,主要构造类型有:流动构造、气孔和杏仁构造。

3.2 火山碎屑岩类

火山碎屑岩类是火山岩与正常沉积岩间的过渡类型,其物质来源具有双重性,既有火山沉积物质,也有再沉积的陆源碎屑物质^[1-3]。以其两者含量的不同分为正常火山碎屑岩类(火山碎屑物含量>90%)和沉火山碎屑岩类(火山碎屑物含量<90%)。正常火山碎屑岩类主要包括凝灰岩、火山角砾岩等,两者在卡拉岗组多以薄层产出,火山碎屑粒度从小于0.01 mm火山灰到大于64 mm的巨砾均有分布。岩屑成分复杂,主要为玄武岩屑、安山岩屑,一般火山角砾岩距离火山口相对较近,凝灰岩则相对较远。火山角砾岩为低自然伽马、低电阻特征,深浅侧向电阻率常有一定差异性,而凝灰岩为高自然伽马、低电阻特征(图4),在成像测井图上两者易于识别,火山角砾岩可见亮色棱角状角砾,而凝灰岩一般可见层理构造。

沉火山碎屑岩一般距离火山口相对较远,火山碎屑物含量明显减少。岩石碎屑成分由斜长石、岩屑组

成,含量占岩石的10%~40%,其特征是具有明显的次棱角状,表明经过搬运具有一定的磨圆度,凝灰成分为晶屑、岩屑和火山灰,含量占岩石的60%~90%。填隙物主要为火山灰,火山灰含量为10%~35%。岩石类型主要包括沉凝灰岩和凝灰质砂砾岩。但沉凝灰岩和凝灰岩测井响应特征均为高自然伽马、低电阻特征,岩性往往难以准确区分。卡拉岗组凝灰岩和沉凝灰岩在马29井—马33井附近最为发育,厚度大于300 m,并且发生了白云石化和碳酸盐化作用,为淡水湖泊相滩坝亚相沉积。

3.3 沉积岩类

卡拉岗组沉积岩总体不发育,平面上主要分布在马东构造带马33井区附近,但横向变化快,常与沉火山碎屑岩类相伴生,肉眼难以区分。纵向上沉积岩主要发育在不同火山岩体间,厚度一般小于十米,电性为低阻特征,成像测井资料往往发育明显的层理构造。

总之,卡拉岗组岩性以基性—中性的玄武岩、安山岩及其过渡岩性为主,可占地层总厚度的53%以上,其次为凝灰岩、沉凝灰岩、火山角砾岩等火山碎屑岩类,纯净的泥岩、砂岩等沉积岩类最不发育。从平面分布来看,牛圈湖构造带火山角砾岩发育,牛东构

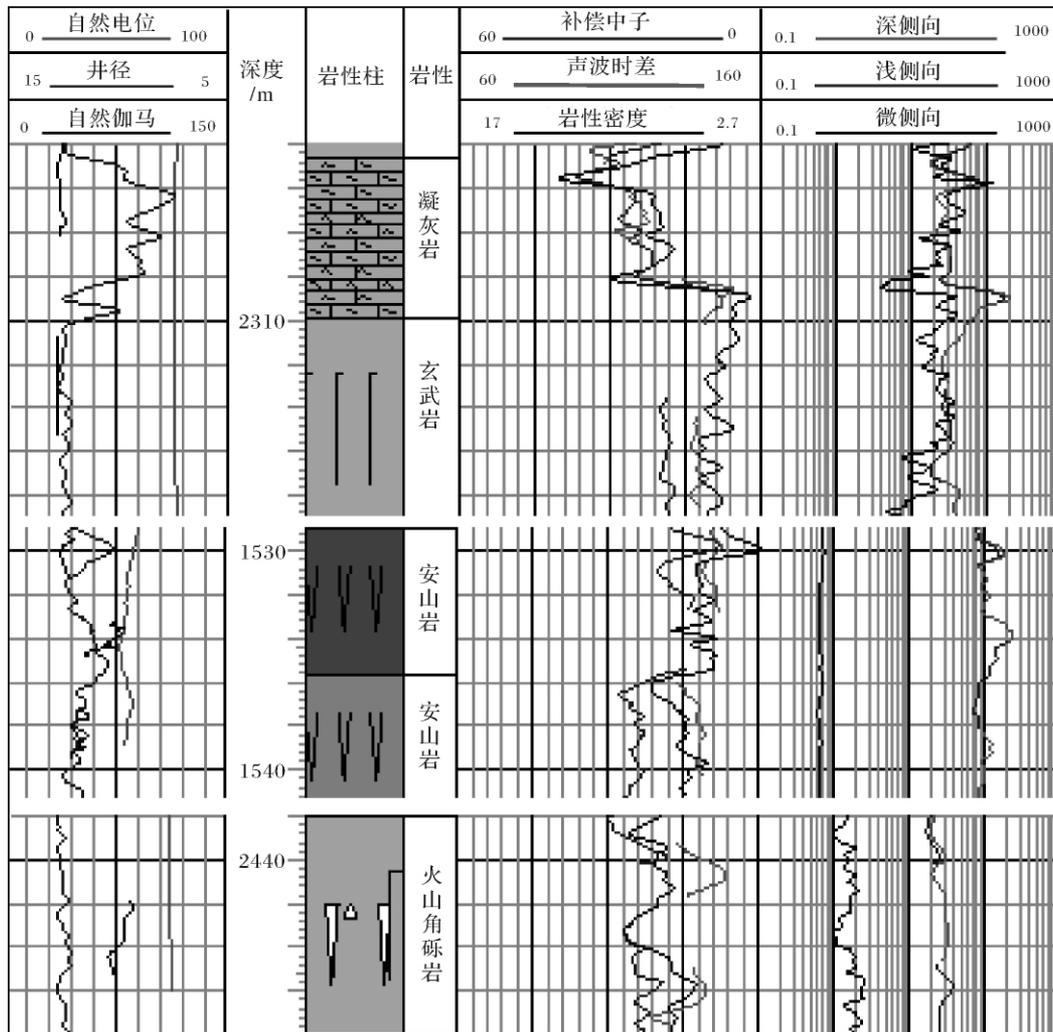


图4 卡拉岗组不同岩性测井响应对比图

Fig.4 The log response comparison diagram of different lithology in the group of Kalagang

造带西北部以玄武岩为主,东南部以安山岩为主,马东地区属凝灰岩、沉凝灰岩、凝灰质火山角砾岩等火山碎屑岩类发育区。

4 卡拉岗组火山岩岩相特征

火山岩相是指火山岩形成的环境及其在该环境下火山活动产物的特征总和,它的研究对恢复古火山机构、空间展布规律和喷发旋回演化有重要的意义^[3-6]。根据火山活动特点、火山岩的产出形态、岩石类型及地震反射特征将卡拉岗组火山岩划分为三种岩相带:爆发相、溢流相和火山沉积相,本区火山活动以相对宁静的溢流相为主,其次为强烈的爆发相,火山沉积相仅在局部地区发育。这是由该区岩石类型所决定的,岩石以含挥发分少、粘度小、流动性强的基性—中性岩为主。

4.1 溢流相

溢流相是卡拉岗组火山岩的最主要的岩相特征,分布广泛。这是由卡拉岗组火山岩岩性和火山喷发方式决定的,粘度低的玄武质岩浆平静地从火山口溢出,流动性强的岩浆形成面状的熔岩被或线状的岩流,常发育在爆发相之后或火山活动的后期,由于岩体顶部气体挥发,一期火山岩顶部常见气孔或杏仁体密集带^[4-9,11,12]。该区卡拉岗组岩芯普遍见气孔或杏仁体构造,杏仁体含量一般在5%~30%间,最高可达40%,杏仁体充填物多为白色、肉红色的沸石。在成像测井图上溢流相常发育块状构造,气孔、杏仁体则为暗色点点缀其中,有时可见非常发育的节理构造,但节理的倾向和倾角一般杂乱,无明显的方向性,为熔岩冷凝所成。叠前地震资料保真度高,能清晰地反映各种岩相特征,为岩性、岩相预测提供依据,通过

钻井地震标定,溢流相在叠前地震资料上为连续性差、能量弱、中低频的短轴、丘状弱—空白的反射特征(图5)。外形多为饼状、楔状和丘状,在顶、底附近常见连续性好的强反射界面。

4.2 爆发相

爆发相的火山角砾岩在该区卡拉岗组发育差,它是含挥发份多、粘度大的岩浆喷至高空形成强烈的喷发柱,后由于重力作用空降堆积,在火山口附近形成碎屑锥堆积,厚度、粒度距火山口越远越小,常发育在火山喷发的早期或高潮时期,岩石类型主要为熔结火山角砾岩、集块岩。常用爆发指数 E 来确定火山爆发的强度^[10-12], $E = \text{火山碎屑岩厚度} / (\text{火山碎屑岩厚度} + \text{熔岩厚度})$,爆发指数 E 越大,反映火山爆发强度越大,并可能位于火山喷发中心附近。 $E > 0.5$ 则属于爆发相, $E < 0.5$ 时划为溢流相。该区卡拉岗组爆发相主要发育在牛圈湖地区,牛101、马8、马801、马25井岩芯普遍见颜色混杂或有明显差异的熔结火山角砾岩,粒径一般在2~10 cm间,火山岩爆发指数在0.5~0.94之间,该区可能是卡拉岗组火山岩的喷发中心,重磁反演资料也反映牛圈湖构造北部断层附近可能是古裂隙火山喷发通道。在成像测井图上爆发相常发育高阻亮色的火山角砾镶嵌在深色的熔岩基质中,无层理构造。在叠前地震资料上爆发相为连续性差、中强振幅、中高频的杂乱反射特征(图6),外形呈锥状,在锥体的两翼远端还可见连续性差、弱反射的溢流相特征,锥体两侧强反射波组均上超爆发相锥体沉积,锥体顶部连续性好的强反射下凹

沉积可能为古火山口位置。

4.3 火山沉积相

火山沉积相是火山喷发的碎屑降落在水体中并与陆源碎屑一起堆积而成,它是火山作用和沉积作用叠加的产物,常发育于火山喷发低潮—间歇期。常见的岩性有沉凝灰岩、含凝灰质泥岩、凝灰质粉砂岩、凝灰质砂砾岩等,在成像测井图上常见明显的层理构造。在叠前地震资料上火山沉积相为连续性好、能量和振幅强的一组平行同向轴反射,有时虽然反射能量不强,但连续性一定较好,在地震剖面上火山沉积相易于追踪识别(见前面图5)。马朗凹陷卡拉岗组火山沉积相主要发育于马29—马33井一带,卡拉岗组火山岩厚度图反映这个地区距南北两个喷发中心均较远,以含火山灰的沉积岩最为发育,厚度在200~600 m左右。

总之,平面上牛圈湖构造以爆发相为主,牛东构造带以溢流相和火山沉积相为主,马东地区火山沉积相最为发育。另外,通过以上这三种主要岩相特征在地震上的标定识别,为卡拉岗组火山岩的岩性、岩相预测提供了技术支持,预测结果得到了多口探井和评价井的证实,符合率在75%以上。从而进一步为油气勘探和井位部署提供了多个有利的火山岩体目标。

5 火山岩岩性、岩相与油藏关系

马朗凹陷内不同岩性和岩相对火山岩油气成藏的作用不同。连续性好、能量强的火山沉积相往往是

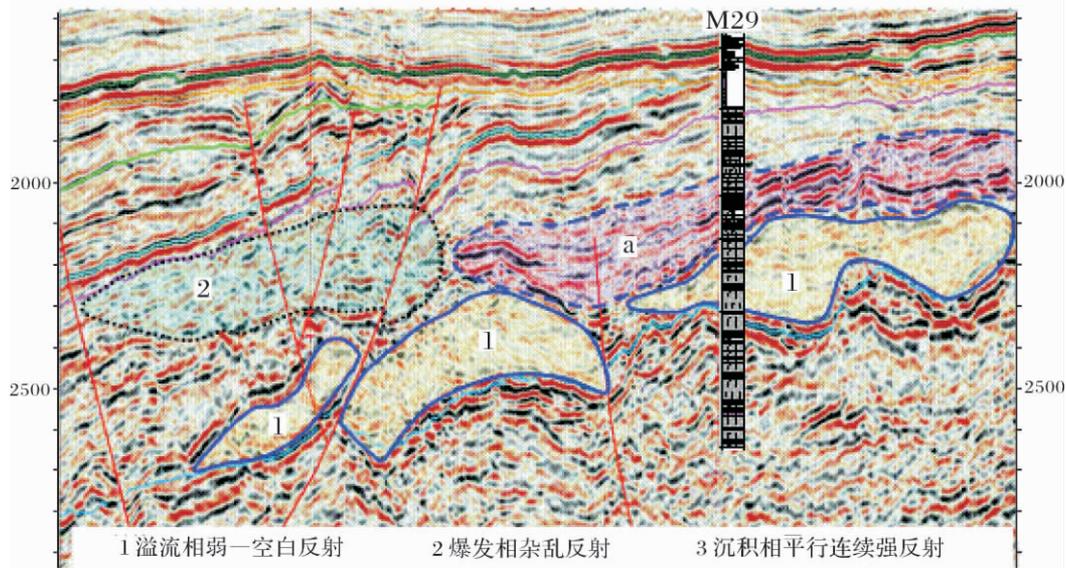


图5 卡拉岗组火山岩岩相地震反射特征图

Fig. 5 The seismic reflection characteristics of the lithofacies of volcanic rock in Kalagang Formation

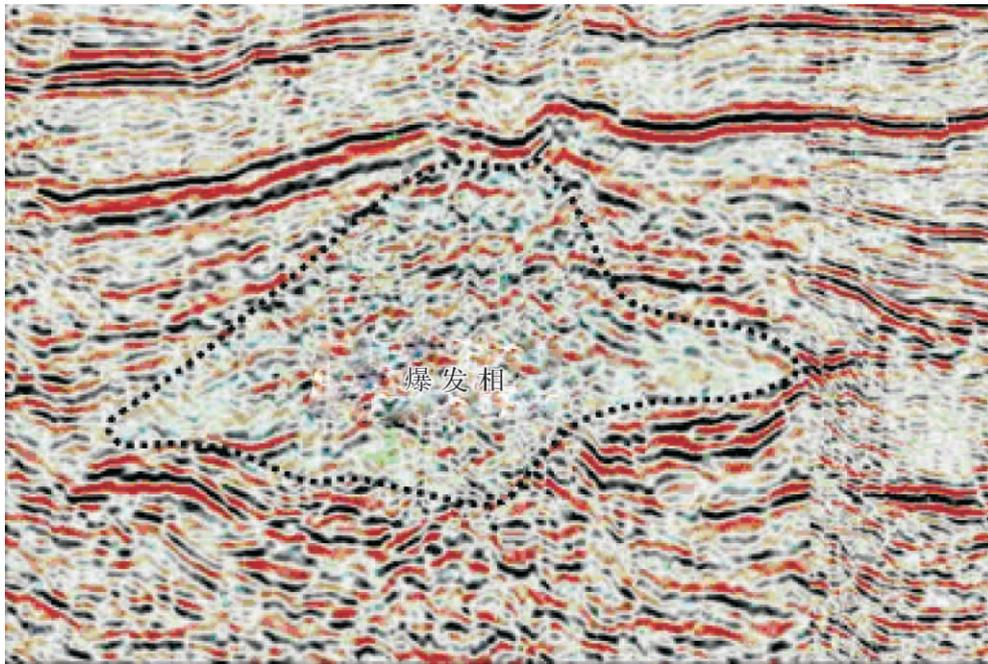


图6 卡拉岗组爆发相地震反射特征图

Fig. 6 The seismic reflection characteristics of the eruption facies in the group of Kalagang

烃源岩发育区,有机碳平均为3.43%,为较好的一好的生油岩,油源条件充足。火山岩油气成藏,储层是关键,位于沉积岩之下的火山岩体顶面往往是溢流相气孔、杏仁富集带,易受到物理风化和化学水解作用的改造,与裂缝共同构成火山岩优质储层的孔缝系统,为油气成藏提供了良好的储集空间和场所^[1,2],火山岩体内部的爆发相火山角砾岩、自碎角砾岩往往基质孔隙发育,也是内幕型油藏油气聚集的主要空间。这样不同相带的火山岩在空间有机搭配,形成了良好的生储盖组合,后期油源断裂活动为油气聚集提供了动力和通道,由于火山岩储层横向非均质性强,连通性差,油气以垂向和短距离侧向运移为主,就近聚集成藏。可见火山岩不同相带在空间上的有机搭配是火山岩油气成藏的基础,单一相带发育区油气往往难以聚集成藏,但是火山岩油气成藏的主控因素还很复杂,油气聚集规律还有待进一步深入研究和探索。

6 结论

(1) 卡拉岗组火山岩与其上沉积岩相比较表现为“三低两高”的特征,即:低自然伽马、低声波时差、低补偿中子、高密度、高电阻,与哈尔加乌组相比表现为低自然伽马、中高电阻的特征。

(2) 卡拉岗组裸子植物花粉明显优势于蕨类植物孢子,孢粉以科达粉、弗氏粉、单束细肋粉、冷杉多

肋粉组合为特征,其中科达粉含量最多(25.3~54.3%)。

(3) 卡拉岗组岩性以基性—中性的玄武岩、安山岩为主,其次为凝灰岩、沉凝灰岩、火山角砾岩等火山碎屑岩类,纯净的泥岩、砂岩等沉积岩类最不发育。

(4) 卡拉岗组可划分为爆发相、溢流相和火山沉积相三种岩相带,马朗凹陷卡拉岗组火山活动以相对宁静的溢流相为主,其次为强烈的爆发相,火山沉积相仅在局部地区发育。

(5) 溢流相在叠前地震资料上为连续性差、能量弱的短轴、丘状弱反射特征,爆发相为连续性差的杂乱反射,而火山沉积相为连续性好、能量和振幅均较强的一组平行同向轴反射,易于追踪对比。

参考文献(References)

- 1 罗静兰,曲志浩,孙卫,等. 风化店火山岩岩相、储集性与油气的关系[J]. 石油学报,1996,17(1): 32-39 [Luo Jinglan, Qu Zhihao, Sun Wei, et al. The relations between lithofacies, reservoir lithology and oil and gas of volcanic rocks in Fenghuadian area[J]. Acta Petrolei Sinica, 1996, 17(1): 32-39]
- 2 赵霞,贾承造,张光亚,等. 准噶尔盆地东—五彩湾地区石炭系中、基性火山岩地球化学及其形成环境[J]. 地学前缘,2008,15(2): 272-279 [Zhao Xia, Jia Chengzao, Zhang Guangya, et al. Geochemistry and tectonic settings of Carboniferous intermediate-basic volcanic rocks in Ludong-Wucuiwan, Junggar basin [J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2): 272-279]

- 3 朱志新,李少贞,李高岭. 东准噶尔纸房地区晚石炭世巴塔玛依内山组陆相火山—沉积体系特征[J]. 新疆地质, 2005, 23(1): 14-18 [Zhu Zhixin, Li Shaozhen, Li Gaoling. The characteristics of sedimentary system continental facies volcano in Later Carboniferous Batamayi group, Zhifang Region, East Jungger [J]. Xinjiang Geology, 2005: 23(1): 14-18]
- 4 阿种明,岳淑娟,刘郁,等. 新疆察布查尔山早石炭世火山岩构造环境判别[J]. 新疆地质, 2006: 24(3): 244-248 [A Zhongming, Yue Shujuan, Liu Yu, et al. Geochemical features of Early-Carboniferous volcanics from the Chabuchaer Mountain, Yili Region, Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 2006, 24(3): 244-248]
- 5 吴国干,夏斌,李文铅,等. 新疆塔克札勒蛇绿混杂岩中安山岩的地球化学特征及其构造环境[J]. 大地构造与成矿学, 2005, 29(2): 242-251 [Wu Guogan, Xia Bin, Li Wenqian, et al. Andesite of Takezhale ophiolite complex in Xinjiang geochemical characteristics and tectonic setting [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2005, 29(2): 242-251]
- 6 周鼎武,柳益群,邢秀娟,等. 新疆吐哈-三塘湖盆地二叠纪玄武岩形成古构造环境恢复及区域构造背景示踪[J]. 中国科学: D 辑, 2006, 36(2): 143-153 [Zhou Dingwu, Liu Yiqun, Xing Xiujuan, et al. Recovery of paleotectonic environment and tracer of regional structure background of Permian basalt in Turpan-Hami basin and Santanghu basin, Xinjiang [J]. Science in China Series D Earth Sciences, 2006, 36(2): 143-153]
- 7 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1993: 515-562 [Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Regional Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993: 515-562.]
- 8 邱家骥. 岩浆岩岩石学[M]. 北京:地质出版社, 1985 [Qiu Jiexiang. Magmatic Petrology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985]
- 9 邱家骥. 国际地科联火山岩分类学分会推荐的火山岩分类简介[J]. 现代地质, 1991, 5(4): 457-468 [Qiu Jiexiang. Brief introduction of classification of volcanic rocks recommendations of the IUCS subcommission on the systematics of igneous rocks [J]. Geoscience, 1991, 5(4): 457-468]
- 10 郝建荣,周鼎武,柳益群,等. 新疆三塘湖盆地二叠纪火山岩岩石地球化学及其构造环境分析[J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 189-198 [Hao Jianrong, Zhou Dingwu, Liu Yiqun, et al. Geochemistry and tectonic settings of Permian volcanic rocks in Santanghu basin, Xinjiang [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(1): 189-198]
- 11 侯广顺,唐红峰,刘丛强. 东天山觉罗塔格构造带晚古生代火山岩地球化学特征及意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1167-1177 [Hou Guangshun, Tang Hongfeng, Liu Congqiang. Geochemical characteristics of the Late Paleozoic volcanics in Jueluotage tectonic belt, eastern Tianshan and its implications [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(5): 1167-1177]
- 12 罗静兰,翟晓先,蒲仁海,等. 塔河油田火山岩的层位归属、火山岩岩石学与岩相学特征[J]. 地质科学, 2006, 41(3): 378-391 [Luo Jinglan, Zhai Xiaoxian, Pu Renhai, et al. Horizon, petrology and lithofacies of the volcanic rocks in the Tahe Oilfield, Northern Tarim Basin [J]. Chinese Journal of Geology, 2006, 41(3): 378-391]

Characteristics of Lithology and Lithofacies of Kalagang Volcanic Rocks in Malang Depression, Santanghu Basin

LIANG Hao^{1,2} GOU Hong-guang² WANG Zhi-kuang² CUI E² MENG Wang-cai² ZHANG Zhi-geng²

(1. College of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

2. Turpan-Hami Oilfield Company, China Petroleum Exploration and Development Institute, Hami, Xinjiang 839009)

Abstract Comparison and classification of volcanic rocks are the premise and foundation of their lithology research, lithofacies and variation. According to log data, seismic data and pollen analysis, we found that the Kalagang volcanic rocks of Malang depression in Santanghu Basin were thick in the north and east, thin in the south and west areas. The pollen assemblage showed that Gymnosperm pollen had a clear advantage in fern spores and comprised of Genus Cordaitina (Samoilovichi) Hart, Genus Florinites Sehof, Wilsonet Bentall, Genus Protohaploxylinus (Samoilovichi) Hart, Genus Striatoabietites (Sedova) Hart pollen. The content of Genus Cordaitina (Samoilovichi) Hart was up to 25.3 ~ 54.3%. Compared the log response of Kalagang volcanic rocks and Sedimentary rocks, there performed low natural gamma, low acoustic time, low compensation neutrons, high density and high resistance. The natural gamma value of Kalagang volcanic rocks was lower than Harjiawu Formation, while the resistance was higher. The lithology was mainly mafic-neutral basalt and andesite, and minor of the tuff, tuffite, volcanic breccia, and so on. Kalagang volcanic rocks of Malang depression can be divided into outbreak phase, overflow phase and volcanic sediment facies. The volcanic activity mainly occurred as a relatively quiet overflow phase, followed by strong eruption phase, and locally developed volcanic sediment facies.

Key words Malang depression; Kalagang Formation; volcanic lithofacies