

查干凹陷苏红图组火山岩储层及其油气成藏特征

刘爱永^{1,2}, 李令喜², 杨国臣², 邓已寻², 郑敏²

(1.中国地质大学(北京)能源学院,北京 100083; 2.中国石化中原油田分公司,河南 濮阳 457001)

摘要:岩心地球化学特征分析结果表明,查干凹陷苏红图组火山岩主要以玄武岩类和粗安岩类为主,通过测井交会图可以较好地识别出不同的岩石类型。根据火山岩的岩相标志及地震剖面特征,结合单井相划分,确定查干凹陷主要发育火山通道相、爆发相、溢流相和火山沉积相,不同的岩相发育不同的岩石组合。钻井资料揭示,研究区苏二段火山岩的物性好于苏一段,苏二段为中低孔特低渗透储层,苏一段为特低孔特低渗透储层;其储层物性主要受裂缝发育程度控制,具有较强的非均质性。勘探实践证明,查干凹陷火山岩的油气成藏特征主要表现为近源聚集、有利火山岩岩相带与断裂带联合控藏;研究区乌力吉构造带与中央构造带为临近生烃中心的圈闭发育带,由于其断裂发育,不仅改善了储集空间,而且沟通了烃源岩,是查干凹陷油气聚集成藏的有利地区。

关键词:苏红图组 火山岩 储层特征 油气成藏特征 查干凹陷

中图分类号:TE112.222

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2014)04-0054-04

查干凹陷苏红图组火山岩非常发育,已有25口探井钻遇火山岩,9口探井见油气显示,其中毛3、意2和意5井试油均获得低产工业油气流。钻探证实研究区火山岩中已有油气聚集成藏,但尚未有大规模的勘探发现。因此,对查干凹陷火山岩的岩石类型、岩相类型等储层特征以及油气成藏特征等制约油气勘探的关键问题进行深入、系统的研究,以期研究区油气富集区带的优选以及下步勘探部署提供借鉴。

1 区域地质概况

查干凹陷位于银根—额济纳旗盆地东部查干德勒苏凹陷的中北部,勘探面积约为2 000 km²[1]。区域构造上与北部楚鲁隆起、北西和西部西尼凸起、南部本巴图隆起、南东和北东部狼山造山带、东部楚干凸起相邻。研究区自西向东可分为6个次级构造单元,分别为虎勒次凹、巴润断阶带、额很次凹、毛敦次凸、东部次凹(或罕塔庙次凹)和海力素断背斜带,整体表现为凹凸相间的构造格局[2]。查干凹陷的主体是在晚古生代褶皱基底上发育形成的早白垩世内陆伸展断陷盆地,其沉积盖层包括下白垩统、上白垩统和新生界;下白垩统自下而上发育巴音戈壁组、苏红图组和银根组,上白垩统仅发

育乌兰苏海组;其中,苏红图组可进一步分为苏二段和苏一段,其火山岩极为发育,以玄武岩和安山岩为主。

2 火山岩储层特征

2.1 岩石类型

火山岩的元素组成特征可以反映其岩石的类型[3-7]。查干凹陷火山岩TAS图解显示[8-9],其火山岩样品主要属于高钾的碱性—钙碱性系列,岩性类型为玄武岩、粗玄岩、粗安岩和钾玄岩;SiO₂—Nb/Y关系图显示,其火山岩样品多属于碱性玄武岩系列;K₂O—Na₂O关系图显示,研究区火山岩样品主要属于钾玄质系列,其次为钙碱性系列;SiO₂—AR关系图也揭示研究区火山岩主要为碱质—钙碱质火山岩[10-12]。因此,查干凹陷苏红图组火山岩的岩石类型主要为碱性—钙碱性火山岩,且以高钾的玄武岩类和粗安岩类为主。

此外,根据测井曲线交会图可以建立不同岩性的岩—电关系,避免单一测井曲线识别岩石类型的局限性。其中,自然伽马—地层真电阻率、自然伽马—纵横波速度比、胶结指数—饱和度指数和自然伽马—胶结指数交会图均可以较为准确地识别出查干凹陷火山岩的岩石类型。其中,玄武岩具有高

收稿日期:2014-05-28。

作者简介:刘爱永,男,高级工程师,在读博士研究生,从事油气勘探研究与管理工。联系电话:(0393)4822513,E-mail:lay716@sohu.com。

密度、低声波时差和低自然伽马的特征,凝灰岩和火山角砾岩具有相对较高的自然伽马值。从基性至中性火山岩具有自然伽马和声波时差逐渐增大、密度逐渐减小的特征。

2.2 岩相特征

火山岩岩相是指在一定的地质条件下由火山作用形成的各种岩石的综合特征^[13-15]。火山岩岩相对查干凹陷储层的分布及后期成岩均具有明显的控制作用。

2.2.1 岩相类型及相标志

根据火山岩的形成条件、火山作用机理、产状和形态等因素,可将查干凹陷的火山岩岩相划分为火山通道相、爆发相、溢流相和火山沉积相(图1),其中溢流相最为发育。

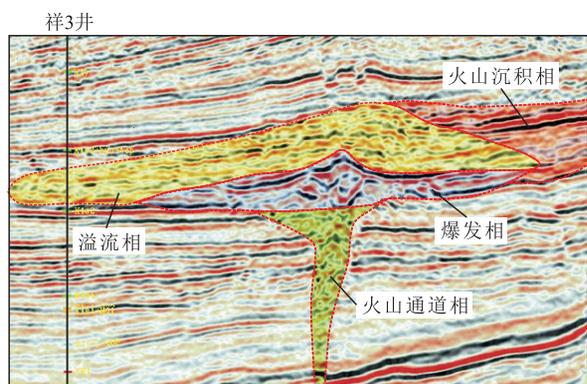


图1 查干凹陷火山岩岩相地震响应特征

火山通道相 火山通道相位于火山机构的中心,是连接岩浆房与地表的孔道,其充填物为火山通道相岩石,岩石类型主要为熔结程度较高的火山碎屑岩类。在地震剖面上,火山通道相多表现为直立条带状、低能量低波阻抗反射特征,内部为杂乱低频反射特征。

爆发相 爆发相指火山喷发时形成的不同高度的喷发柱,受重力作用下落到地表所形成的堆积物,其主要岩石类型为火山角砾岩和流纹质凝灰岩。地震剖面上表现为内部杂乱状弱反射、顶部强反射特征,测井曲线表现为电阻率中低值,呈锯齿状特征。

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)岩浆从火山口溢出,在地表形成面状泛流岩被或线状岩流。其岩性主要为橄榄玄武岩、云母玄武岩、安山玄武岩、安山岩、玄武粗安岩和粗安岩。地震剖面上表现为中一强反射特征,其中近源溢流相的外形为低幅度平丘状,内部反射较为杂乱,地震反射同相轴连续性较差;远源溢流相的外形为亚平行层状,地震反射同

相轴连续性较好。

火山沉积相 火山沉积相属于过渡相,为距离火山口较远处的边缘相带。其岩石类型主要以含少量陆源碎屑的火山碎屑岩为主,地震剖面上表现为中一强反射特征,地震反射同相轴呈平行状且分布连续、稳定。

2.2.2 单井相

单井相的划分依据主要为岩石类型和相序。火山岩的岩石类型与其岩相具有较好的对应关系,玄武岩一般对应溢流相,火山角砾岩对应爆发相等。相序是以火山岩岩相模式作为依据,是平面上相邻、纵向上相互叠置的火山岩岩相组合,一般表现为火山通道相与爆发相、溢流相与火山沉积相以及爆发相与溢流相的岩相组合特征。

研究区查参1井钻遇的苏一段火山岩以玄武岩和安山岩为主,夹火山角砾岩、凝灰岩和火山沉积岩;根据其火山岩地层内发育的火山沉积岩与火山熔岩、火山碎屑岩的接触关系,自下而上可划分出2期火山活动和7个火山喷发旋回。第1期火山活动的5个火山喷发旋回代表爆发相—溢流相的岩相组合类型;其第1个火山喷发旋回以薄层玄武岩为主,上部被火山沉积岩所覆盖;第2个火山喷发旋回以火山角砾岩为主,上部为凝灰岩,为能量较强的爆发相;第3—5个火山喷发旋回主要以玄武岩或安山岩为主,中间夹中一薄层沉积凝灰岩,为典型的溢流相。第2期火山活动的2个(第6和第7)火山喷发旋回以厚层玄武岩为主,总体表现为溢流相特征。整体上,查干凹陷苏一段沉积早期的火山喷发以爆发相为主,沉积中期及晚期均以溢流相为主,其火山喷发能量表现为逐渐减弱的过程。

2.2.3 平面分布特征

在苏二段沉积时期,查干凹陷靠近巴润和毛西断裂带附近发育裂隙喷发的溢流相玄武岩,井间呈连续厚层块状分布;额很次凹北部发育多个火山口,呈强能量中心式喷发,玄武岩与火山碎屑岩组成了爆发相和溢流相的岩相组合,形成堆积厚度很大的火山岩层(图2a)。

苏一段火山岩具有厚度逐渐减薄、井间连续性变差的平面分布特征;查干凹陷中部发育的苏一段爆发相火山岩比苏二段的规模要小,在断阶带上升盘的火山沉积相最为发育,深大断裂是苏一段沉积时期研究区火山机构发育的主要构造部位,具有多期次火山喷发的特点(图2b)。

2.3 储层物性特征

岩心样品物性分析结果表明,查干凹陷苏二段

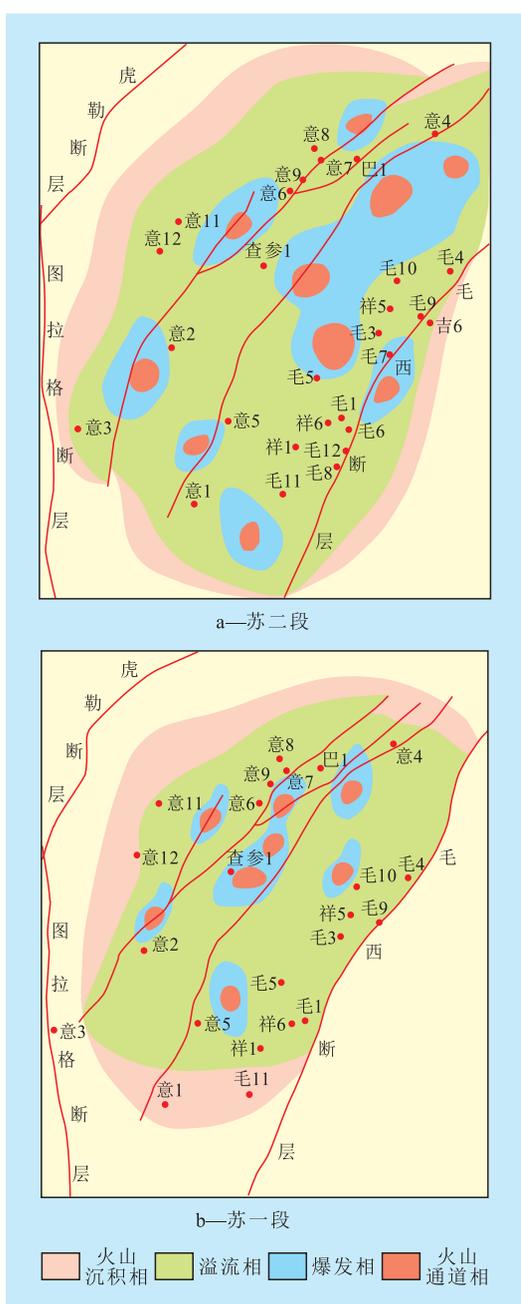


图2 查干凹陷苏二段和苏一段火山岩岩相平面分布特征

火山岩的储层物性好于苏一段。其中,苏二段火山岩的孔隙度为3.2%~29.6%,平均为15.33%;渗透率为 $0.0024 \times 10^{-3} \sim 2290 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $1.59 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于中低孔特低渗透储层。研究区仅毛3井于苏一段取心,其火山岩的孔隙度为1.7%~5.7%,平均为3.5%;渗透率为 $0.0093 \times 10^{-3} \sim 0.485 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $0.193 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于特低孔特低渗透储层。

通过薄片观察发现,研究区火山岩的储集空间类型包括原生孔隙、次生孔隙和原生裂缝;其中,原生孔隙主要为熔岩类的原生气孔、大孔洞和杏仁体内孔,次生孔隙主要为斑晶与基质内溶蚀孔隙及杏

仁体内矿物的次生溶蚀孔隙,原生裂缝主要为构造裂缝、节理裂缝和冷凝收缩缝。查干凹陷苏红图组火山岩的储层分布具有较强的非均质性,孔隙类型多样、连通性较差;在裂缝发育带,溶蚀孔隙较发育,由于裂缝沟通孔隙,使储层物性得以改善;因此,在靠近断层、熔岩顶底部及火山斜坡带均为研究区火山岩储层的主要发育区。

3 油气成藏特征

火山岩油藏的油气成藏规律相对于碎屑岩更加复杂^[16],查干凹陷已发现的火山岩油藏基本沿断裂带呈条带状分布,但含油性却存在明显差异,其原因主要是储层物性的非均质性较强以及成藏要素的时空匹配关系存在差异。研究表明,查干凹陷火山岩储层的油气成藏特征主要为:①充足的油源是必要条件。研究区乌力吉构造带北部距离油源较远,油气显示普遍较差;而临近油源的毛3和意2井于火山岩段钻遇良好的油气显示,试油均获得低产工业油气流,表明其油气应为近源聚集成藏,以垂向和短距离侧向运移为主。②有利岩相带与断裂带共同控制油气成藏。研究区原生孔隙类型中以火山角砾岩储层的物性和含油性最好,其次为溢流相玄武岩和安山岩;由于抗压及抗剪切强度不同,粗火山碎屑岩类的裂缝最发育,其次为熔岩类,凝灰岩类的裂缝最不发育。岩心观察表明,火山岩储层的物性与裂缝发育程度成正相关,裂缝对于油气的运移、聚集具有至关重要的作用。印支期和燕山期—喜马拉雅期等构造活动与油气生烃史相匹配,既改善了储层物性,也为油气运移提供了有利的通道。③临近生烃中心的圈闭发育带为火山岩油气富集区带。查干凹陷乌力吉构造带与中央构造带受晚期构造运动的影响,断裂纵横交错发育,不仅形成良好的油气储集空间,且多数断裂深切烃源岩,使得油源与圈闭沟通,是研究区火山岩油气勘探的有利地区。

4 结论

火山岩岩石组成及电性特征表明,查干凹陷苏红图组火山岩的岩石类型主要为碱性—钙碱性火山岩,以高钾的玄武岩类和粗安岩类为主。通过岩相类型、相标志及单井相分析表明,研究区苏红图组火山岩具有多期次火山喷发的特点;在苏二段沉积时期发育多个火山口,喷发能量强,火山岩层厚

度大;在苏一段沉积时期,火山主要沿深大断裂发育,其发育的爆发相火山岩比苏二段沉积时期的规模要小,且苏一段的火山岩层厚度比苏二段火山岩层厚度亦小。查干凹陷火山岩的油气成藏具有近源聚集、有利火山岩岩相带与断裂带联合控藏的特征,临近生烃中心的圈闭发育带为研究区的火山岩油气富集区带。

参考文献:

- [1] 王生朗,马维民,竺知新,等.银根—额济纳旗盆地查干凹陷构造—沉积格架与油气勘探方向[J].石油实验地质,2002,24(4):296-300.
- [2] 陈昭年,陈晓巍,王明艳,等.内蒙古查干凹陷火山岩油藏成藏模式[J].现代地质,2008,22(4):628-632.
- [3] 王锦昌,杜建芬,郭平,等.火山岩凝析气藏物质平衡方程及应用[J].油气地质与采收率,2011,18(6):86-89.
- [4] 宋元林,廖健德,张瑾琳,等.准噶尔盆地克拉美丽火山岩气田开发技术[J].油气地质与采收率,2011,18(5):78-80,88.
- [5] 万丛礼,金强,李钜源,等.论裂谷盆地侵入岩区天然气的混合性——以沾化凹陷孤北地区为例[J].油气地质与采收率,2013,20(4):1-4,16.
- [6] 贾京坤,万丛礼.沾化凹陷罗家地区岩浆活动对油气形成的影响[J].油气地质与采收率,2012,19(6):50-52.
- [7] 陈汉林,杨树锋,厉子龙,等.阿尔泰晚古生代早期长英质火山的地球化学特征及构造背景[J].地质学报,2006,80(1):38-42.
- [8] 路远发.GeoKit:一个用VBA构建的地球化学工具软件包[J].地球化学,2004,33(5):459-464.
- [9] 马芳,薛怀民.皖东滁州盆地晚中生代火山岩的SHRIMP锆石U-Pb年龄及其地质意义[J].岩石矿物学杂志,2011,30(5):924-934.
- [10] 李向民,夏林圻,夏祖春,等.企鹅山群火山岩的地球化学特征和构造环境[J].西北大学学报:自然科学版,2007,37(1):134-139.
- [11] 李海勇,徐兆文,陆现彩,等.鲁西邹平盆地中生代火山岩的演化:对地幔源区的约束[J].岩石学报,2008,24(11):2537-2547.
- [12] 木合塔尔·扎日,张旺生,韩春名.新疆沙尔布尔山卡拉岗组火山岩岩石化学及其构造环境分析[J].地质科技情报,2002,21(2):19-22.
- [13] 张科,赵汝敏,齐凯,等.缅甸陆上弧带火山机构反射特征及分布规律[J].特种油气藏,2013,20(5):68-72.
- [14] 罗权生,聂朝强,文川江,等.新疆三塘湖盆地牛东地区卡拉岗组火山旋回和期次的划分与对比[J].现代地质,2009,23(3):515-522.
- [15] 时登敏,何登发,石胜群.松辽盆地长岭断陷东部营城组火山岩储层特征[J].石油实验地质,2011,33(2):171-176.
- [16] 缪春晖,陈昭年,陶国强,等.查干凹陷火山岩岩电关系[J].中国西部油气地质,2007,3(1):41-44,48.

编辑 邹澹滢

(上接第53页)

低,有利于油气在浮力作用下由盆地沉降中心的较深部位向盆地较浅和边缘部位呈发散状离心式流动,主要形成单边聚油的油气运聚特征。综合中国东部断陷盆地具有从盆地边缘常压地层油气藏和构造油气藏—斜坡带过渡压力构造—岩性油气藏或岩性—构造油气藏—洼陷带超压岩性油气藏的宏观有序分布特征,认为研究区洼陷带向斜坡带或中央隆起带的过渡带的隐蔽型油气藏是下步深化油气勘探的主要研究方向之一,且近年来针对过渡带的油气勘探已取得初步成果,如杜桥白地区前8块和胡庆一台阶胡96块的构造—岩性油气藏已分别探明石油地质储量 719×10^4 和 253×10^4 t,均证实隐蔽油气藏具有较大的勘探潜力,应继续进行深化研究。

参考文献:

- [1] 李鹏举,卢华复,施央申.渤海湾盆地东濮凹陷的形成及断裂构造研究[J].南京大学学报:自然科学版,1995,31(1):128-139.
- [2] 田在艺.中国新生代地洼构造与油气成藏[J].大地构造与成矿学,1990,14(3):191-201.
- [3] 蒂索B P,威尔特D H.石油形成和分布[M].2版.徐永元,徐灏,郝石生,等,译.北京:石油工业出版社,1989.
- [4] 何建国,盖东玲,张加友.东濮凹陷油气藏成藏规律研究[J].西南石油学院学报,2004,24(6):15-17.
- [5] 慕小水,何锋,顾勤,等.渤海湾盆地东濮凹陷濮卫洼陷带复杂岩性油气藏形成条件与成藏规律[J].石油实验地质,2009,31(5):472-477.
- [6] 孙波,蒋有录,张善文,等.东濮凹陷北部膏盐岩分布特征及其对地层温度的影响[J].油气地质与采收率,2012,19(1):28-30.
- [7] 王东晔.东濮凹陷北部深层异常高压形成机理及对有机质热演化的抑制作用[J].油气地质与采收率,2013,20(3):33-36.
- [8] 孙思敏,彭仕必.东濮凹陷长垣断层的生长特征与半地堑演化[J].石油与天然气地质,2003,24(2):123-125.
- [9] 纪友亮,赵澄林,刘孟慧.东濮凹陷地层流体的热循环对流与成岩圈闭的形成[J].石油实验地质,1995,17(1):8-16.
- [10] 王学军,苏惠,曾澹辉,等.东濮凹陷西部斜坡带长垣断层封闭性及其输导模式[J].油气地质与采收率,2012,19(4):5-9.
- [11] 张剑君,王中良,王洪琴.东濮凹陷油气藏封闭条件研究[J].断块油气田,1998,6(1):17-21.

编辑 邹澹滢