

中国古亚洲域沉积盆地火山岩油气藏 储层特征比较及其差异分析

杨明慧¹⁾, 兰朝利²⁾

1) 中国石油大学地球科学学院, 油气资源与探测国家重点实验室, 北京, 102249;

2) 中国石油大学石油工程学院, 石油工程教育部重点实验室, 北京, 102249

内容提要:在中国古亚洲域沉积盆地火山岩储层母岩年代和岩性、储集空间类型以及火山岩岩相综合分析的基础上,探讨了火山岩油气藏的储层特征及其差异性。研究表明,中国古亚洲域火山岩储层的母岩发育年代西早东晚,西部的准噶尔、三塘湖和吐哈盆地发育晚古生代海相、海陆交互相的中基性安山岩、玄武岩及火山碎屑岩;东部的松辽、二连和海拉尔盆地发育中生代陆相中酸性流纹岩、安山岩。火山岩原生储集空间包括气孔、孔洞以及冷凝收缩裂缝等;次生储集空间包括各种溶蚀孔及构造裂缝、风化裂缝等。火山岩岩相可分喷出相、火山通道相、次火山相和火山沉积相。其中中基性岩类多以溢流相开始,相序类型为溢流相、爆发相/火山沉积相;中酸性岩类多以爆发相或火山通道相发端,主要相序为爆发相、溢流相/侵出相。溢流相一般发育原生气孔、构造缝;爆发相多为粒间孔,而侵出相以角砾间孔和原生裂缝为主。火山岩储层的差异受多因素影响,包括岩性岩相、喷发环境以及后期构造、成岩作用等。前者奠定火山岩储层形成与分布的基础和储集空间的发育程度;后者则改造储层的储渗性能。

关键词: 火山岩;储层;油气藏;古亚洲域;沉积盆地

火山岩油气藏是一种重要的非常规油气藏类型。国外多发现在环太平洋、欧亚以及非洲大陆周边地区;国内在中国北方已初步形成东部松辽盆地、二连盆地、渤海湾盆地与西部准噶尔盆地、三塘湖盆地、塔里木盆地等两大火山岩含油气区(邹才能等, 2008;赵文智等, 2009),其他则零星见于四川盆地、江汉盆地和苏北盆地等(闫春德等, 1996;冀国盛等, 2002)。中国火山岩分布总面积达 $215.7 \times 10^4 \text{ km}^2$, 预测有利勘探面积为 $36 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。截至 2008 年,国内探明火山岩油气地质储量为 $17.5 \times 10^8 \text{ t}$,主要分布在中国西部准噶尔盆地、三塘湖盆地石炭系和塔里木盆地、四川盆地二叠系以及东部松辽盆地白垩系、渤海湾盆地第三系等。随着国家能源安全的要求和油气勘探理论、技术的进步,火山岩油气藏越来越受到业界的广泛关注;针对火山岩储层类型、孔隙结构乃至火山岩油气藏发育规律的相关研究日益深入。在此基础上,本文着重论述中国北方古亚洲域沉积盆地火山岩油气藏的储层特征及其差异性,最后探讨导致这一差异的区域构造背景等方面的控

制因素。

1 区域地质背景

中国古亚洲域仅是西伯利亚板块与塔里木板块、华北板块之间的古亚洲陆缘增生褶皱带的一部分,呈近东西向弧形展布(图 1),其中镶嵌着准噶尔、锡林浩特和佳木斯等小型地块。早石炭世,西伯利亚板块与塔里木-华北板块碰撞对接,致使域内褶皱、断裂发育,岩浆活动强烈,变质作用类型复杂,构成晚古生代构造-岩浆岩带。海西期后,西段受西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块和印度板块的挤压,形成造山带与盆地相间的构造格局,并伴生逆冲推覆构造与大型走滑断裂;东段除受西伯利亚板块影响外,还多次受(古)太平洋板块的推挤,呈现 EW 向构造与 NE、NNE 向构造叠加复合的构造格局。燕山期,该域东段受太平洋板块的影响,发育一系列含煤盆地和沉积-火山盆地。燕山中期发生强烈的火山活动和大规模的中酸性岩浆侵位(马丽芳等, 2006)。

中国古亚洲域的西北地区发育前三叠纪的海相

注:本文为国家自然科学基金重点项目(编号 90814005)和油气资源与探测国家重点实验室开放课题(2008002)共同资助的成果。

收稿日期:2011-06-20;改回日期:2012-05-28;责任编辑:郝梓国,黄敏。

作者简介:杨明慧,男,1962 年生。博士,主要从事盆地构造分析等方面的教学和研究工作。Email: yangmh@cup.edu.cn。

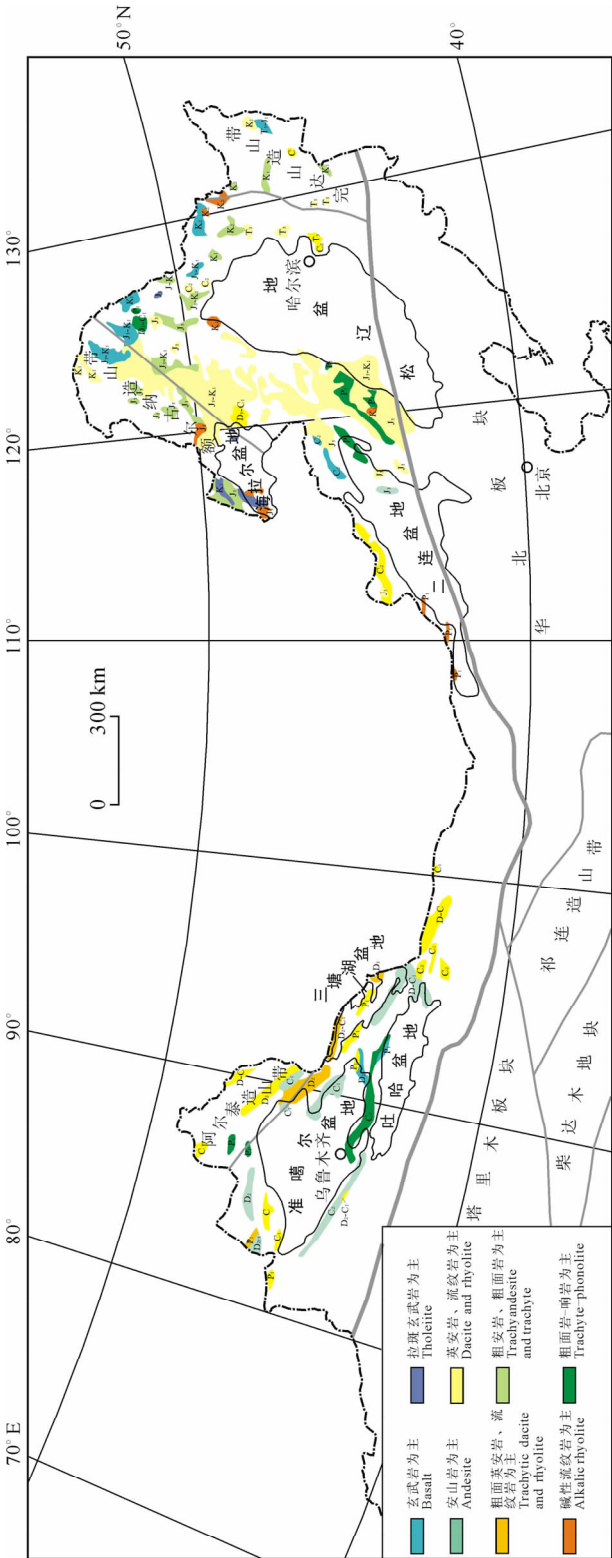


图 1 中国北方主要沉积盆地及周边火山岩分布图
(据马丽芳等,2006 修改)

Fig. 1 Distributed map of volcanic rocks in the sedimentary basins and adjacent areas in northern China (modified after Ma Lifang et al. , 2006)

和海陆交互相火山岩,而东北地区发育后三叠纪的陆相火山岩。据中国大地构造分区和火山岩分布,中国古亚洲域的火山活动归属准噶尔-兴蒙构造-岩浆域,次分为阿尔泰-准噶尔、兴安岭-张广才岭和完达山火山岩区(王碧香等,2006)。海西期火山岩可分为锡林浩特北部、阿尔泰-准噶尔火山岩带,多为海相和海陆交互相;局部地区在二叠纪转为陆相。中生代陆相火山岩发育,如 NNE 向的大兴安岭侏罗—白垩纪火山岩带。该带北部以英安质—流纹质及玄武质、粗安质和粗面质火山岩为主,少量碱性玄武岩;中南部则以安山质—英安质—流纹质火山岩为主,并有少量粗安质、粗面质火山岩。

2 中国古亚洲域沉积盆地火山岩油气藏储层特征比较

火山岩储层及其油气成藏取决于岩性、岩相、储集空间类型和储层物性等方面存在的差异。中国古亚洲域不同的构造单元具有不尽相同的大地构造背景和演化过程,其间沉积盆地的火山岩年代、岩性、岩相及储集空间等存在东、西方向上的地区差异。

2.1 火山岩储层母岩年代与岩性

中国古亚洲域火山岩储层的母岩发育年代西早东晚。从已发现油气藏的火山岩储层年代统计,主要位于两个时段:其一是西部准噶尔盆地、三塘湖盆地的晚古生代海相、海陆交互相火山岩;其二是东部松辽盆地、二连盆地等的中生代陆相火山岩。前者以中基性安山岩、玄武岩及火山碎屑岩为主;后者则以中酸性流纹岩、安山岩为主。

2.1.1 西部盆地地区

(1)准噶尔盆地:准噶尔盆地已发现克拉玛依(陈岩,1988)、红山嘴、车排子、石西、北三台油田及陆梁油气田和五彩湾气田等近 40 余个火山岩油气藏。储层母岩以熔岩和火山碎屑岩为主,多见安山岩、凝灰岩。

盆地西部的红(山嘴)车(排子)断裂带石炭系车 30、47 及 91 井火山岩油气藏储层岩性为火山角砾岩、熔结角砾岩、凝灰岩及玄武岩、安山岩等。车 24、47 和 23 井的古火山口受断裂控制,呈南北向条带状展布、多点状喷发(支东明等,2010)。克(克拉玛依)百(口泉)断裂带古 65、88 和克 120 井发育安山岩、玄武岩、霏细岩和角砾熔岩及火山角砾岩、凝灰岩(王兆峰等,2007)。红车、红山嘴东和拐前断裂带的车 47、43、46 和 72 井下二叠统佳木河组发育玄武岩、安山岩、流纹岩及火山角砾岩、凝灰岩(潘建国

等,2007);该组下部的安山岩、凝灰岩分布面积广,厚度大(匡立春等,2008)。二叠系风城组火山岩见于乌(尔禾)夏(子街)断裂南的夏72井,为气孔状流纹质熔结火山碎屑岩(肖毓祥等,2008)。

石西油田石炭系火山岩包括熔岩、火山碎屑岩及其间的过渡性岩类。从钻遇厚度看,熔岩最为发育,占总厚度的52.65%,以中性—中酸性安山岩、英安岩为主,玄武岩见于石西2井的下部。火山碎屑岩包括角砾凝灰岩、火山角砾岩和集块岩。其中角砾凝灰岩见于石001、石002井;火山角砾岩见于石001井上部、石013井顶和中下部;集块岩分布较广,以安山质为主。

陆东—五彩湾地区石炭系火山岩发育在下统滴水泉组和中统巴山组(王金秀等,2009)。据56口录井、47口井岩芯和901块薄片分析,岩性以安山岩(图2a,2b)、火山角砾岩(图2c,2d)和凝灰岩为主,次为玄武岩(图2e,2f)、玄武安山岩和流纹岩。滴水泉—双井子地区的滴水泉组火山角砾岩、凝灰岩见于露头或井下;巴山组火山碎屑岩、熔岩多见于井下。滴北凸起中北部发育玄武岩、安山岩、英安岩及霏细岩;边部发育火山角砾岩、凝灰岩。滴南凸起发育火山集块岩、角砾岩、凝灰岩及玄武岩、安山岩、英安岩和流纹岩(王仁冲等,2008)。五彩湾凹陷玄武安山岩见于中北部的彩25、203井,其中安山岩>69%;火山集块岩、角砾岩和凝灰岩见于中东部的彩27、29、201和202井(余淳梅等,2004)。

(2)三塘湖盆地:三塘湖盆地除条湖凹陷塘参1、条5井及马朗凹陷马6、塘参3井钻遇石炭系火山岩外,大多为二叠系火山岩(聂保锋等,2009)。马朗凹陷牛圈湖、黑墩构造带的马17、18、19和牛东9-10井、马36井在卡拉岗组和/或哈尔加乌组火山岩储层获油气流或油气显示(刘俊田等,2009)。

据20口井岩芯分析,牛东地区上石炭统发育玄武岩、安山岩及玄武安山岩(杨珍祥等,2010)。据薄片、全岩和测井资料统计,熔岩和火山碎屑岩分别占78%、22%。其中玄武岩占33%,其余为玄武安山岩、安山岩,如马17、18、19、20和牛东9-10井的气孔、杏仁玄武岩;安山岩占45%,如马19、牛东9-10井及大黑山、大黑山东的安山岩和粗面安山岩(李光云,2010)。哈尔加乌组发育凝灰岩、火山角砾岩和凝灰质角砾岩。

(3)吐哈盆地:吐哈盆地有10口探井钻遇石炭系,其中玉2、艾参1、鲁南1、塔3、窑1、鱼1和科1井钻遇火山岩。玉2、塔3井和艾参1、鲁南1井分

别在苏穆克组、底坎尔组钻遇火山岩;鱼1、科1井钻遇下组合厚层凝灰岩;窑1井下组合钻遇安山岩夹薄层玄武岩、凝灰岩以及玄武岩夹薄层流纹岩。在平面上,推测盆地地下组合火山岩从西向东、从南向北逐渐发育,由中基性向中酸性逐渐过渡(李新宁等,2008)。哈密凹陷至今未钻遇石炭系;哈参2井揭示下二叠统发育安山玄武岩。

2.1.2 东部盆地

(1)松辽盆地:松辽盆地发育晚侏罗—早白垩世中酸性火山岩,如火石岭组、营城组一段和三段等。盆地北部徐家围子断陷的庆深气田由兴城、昌德、升平、汪家屯4个区块构成,火山岩含气面积69.6 km²,探明储量为 1018×10^8 m³,其中营城组火山岩储层储量占89.8%。

据薄片、岩石化学和测井资料分析,火石岭组发育玄武安山岩、安山岩、英安岩和火山碎屑岩;据岩芯观察,营城组发育流纹岩、安山岩、英安岩、粗面岩及凝灰岩、火山角砾岩和集块岩。升平气田升深1、2、1-1、201、101和2-2井营城组见流纹岩、安山岩、粗面安山岩、玄武安山岩及火山碎屑岩(高福红等,2006);火山碎屑岩含火山角砾岩和凝灰岩(罗静兰等,2008)。兴城气田营城组火山岩为熔岩、火山碎屑岩及次火山岩(兰朝利等,2008)。熔岩以流纹岩为主(图3a),其余为粗面岩、粗安岩(图3b)、英安岩(图3c),少见基性岩类;火山碎屑岩以熔结凝灰岩(图3d)为主,其余为火山角砾岩、火山集块岩、熔结角砾岩及凝灰岩等。

据钻井资料,盆地南部长岭断陷发育17个火山机构,总面积>1600 km²(赵德力等,2009),其中长深1和腰深1、2、3井营城组第三段火山岩是主要含气层(肖永军等,2009)。火山岩包括流纹岩、凝灰岩以及少量的火山角砾岩、集块岩等。

(2)二连盆地:二连盆地中生代主要发育陆相火山岩。晚侏罗世兴安岭群自下而上发育酸性、中基性和酸性火山熔岩、凝灰岩,主要分布在盆地东部(东乌珠穆沁旗—镶黄旗一线以东),该线以西分布局限(于英太,1988)。阿南凹陷厚60~415 m,在阿尔善组发现小阿北和哈达图等2个安山岩油田(降栓奇等,2009)。早白垩世阿尔善组见于赛汉塔拉、伊和乌苏、布图莫吉和吉尔嘎朗图凹陷等,岩性为玄武岩、玄武安山岩和凝灰岩,厚100~400 m;晚白垩世早期发育中基性火山活动。洪浩尔舒特凹陷5口井钻遇阿三段安山岩并见油气显示或工业油气流(秦凤启等,2010)。

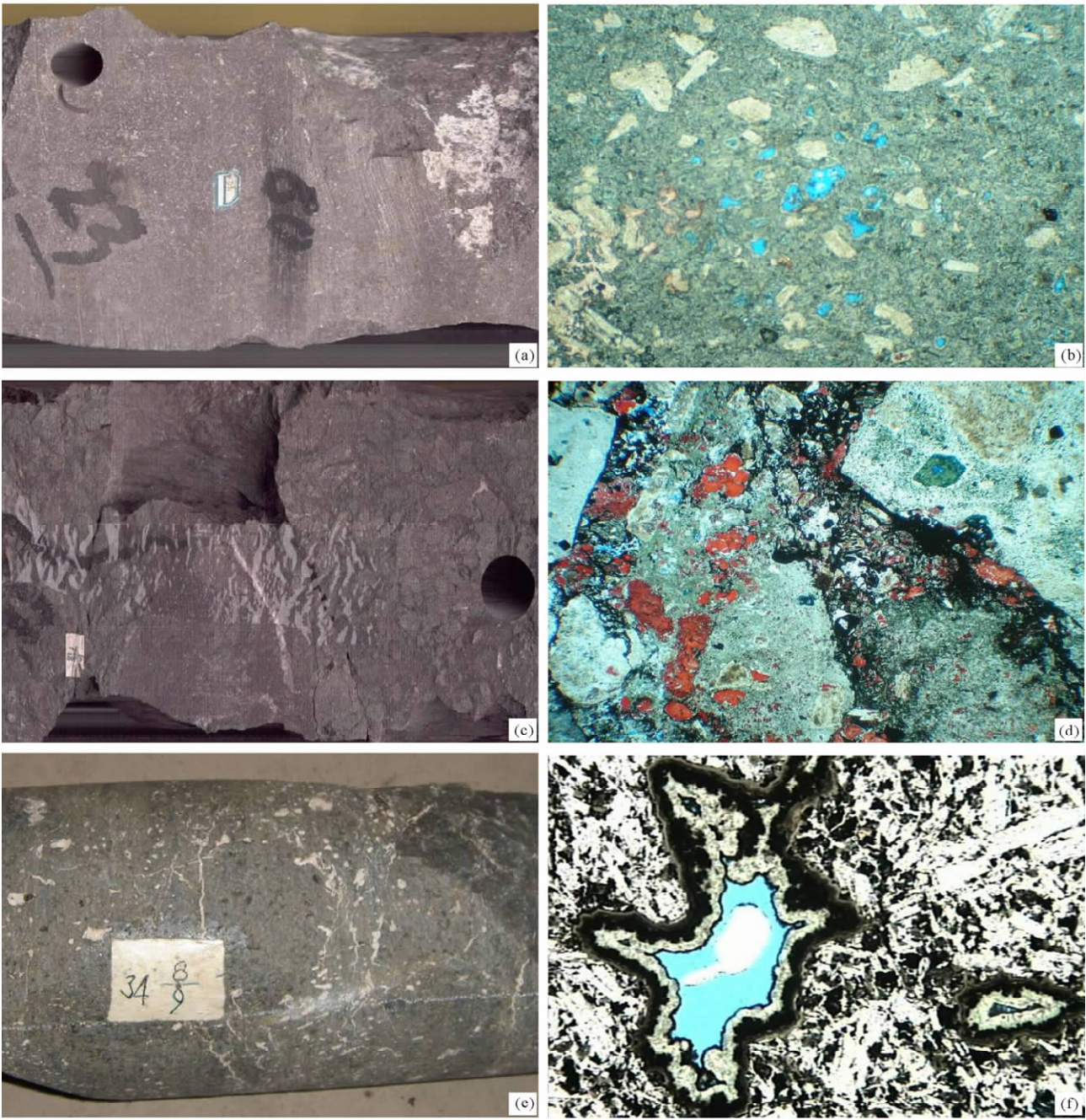


图 2 准噶尔盆地石炭系火山岩岩性照片

Fig. 2 Lithological photos of the Carboniferous volcanic rocks in Junggar basin

(a)—安山岩,彩 25 井,3232.25~3232.59m;(b)—安山岩,彩 25 井,3053.10m,(—),×25;(c)—火山角砾岩,彩 34 井,3191.21~3192.39m;(d)—安山质火山角砾岩,彩 201 井,2948.21m,(—),×25;(e)—玄武岩,彩参 1 井,2980.60~2980.90m;(f)—玄武岩,滴西 17 井,3635.39m,(—),×25

(a)—Andesite, Cai 25 well, 3232.25~3232.59m; (b)—andesite, Cai 25 well, 3053.10m, (—), ×25; (c)—volcanic breccia, Cai 34 well, 3191.21~3192.39m; (d)—andesitic volcanic breccia, Cai 201 well, 2948.21m, (—), ×25; (e)—basalt, Caican 1 well, 2980.60~2980.90m; (f)—basalt, Dixi 17 well, 3635.39m, (—), ×25

(3)海拉尔盆地:海拉尔盆地上侏罗统布达特组发育中基性、中酸性火山岩,厚度>1200m(张美玲等,2009)。乌尔逊-贝尔凹陷发育白垩系铜钵庙组、南屯组火山岩,岩性为安山岩、玄武岩、火山角砾岩,

且以火山角砾岩为主(王前林,2009)。贝尔凹陷火山岩纵向上厚度大,互层多,但单层薄。巴彦塔拉构造带巴 X2 井钻遇铜钵庙组安山岩,厚 103m;贝 47 井南屯组钻遇安山岩、玄武岩、火山角砾岩,厚

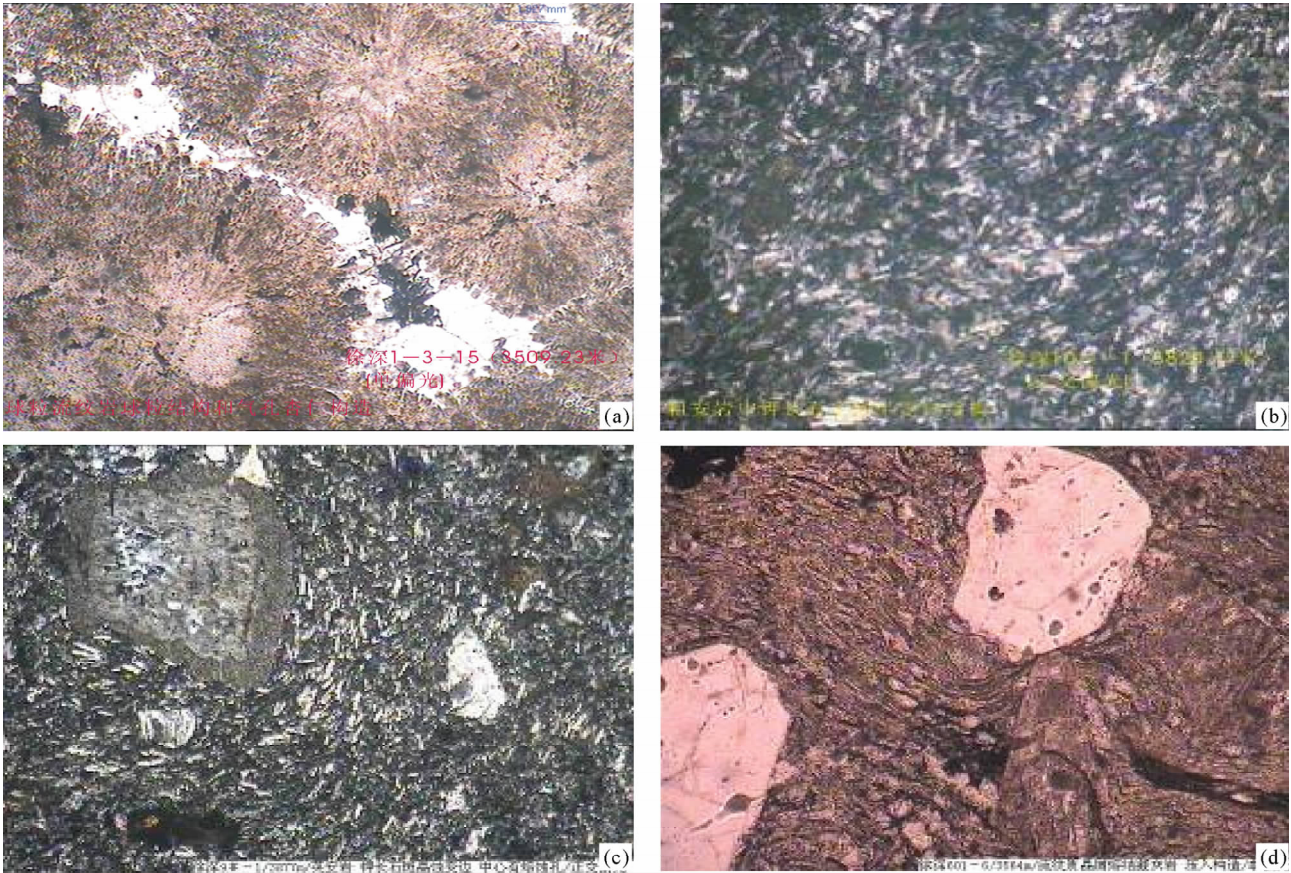


图 3 松辽盆地晚中生代火山岩岩性照片

Fig. 3 Lithological photos of the Mesozoic volcanic rocks in Songliao basin

(a)一球粒流纹岩,徐深 1-3 井,3509.23m,(—);(b)一粗安岩,徐深 10 井,3800.47m,(+);(c)一英安岩,徐深 9 井,3877m,(+);(d)一流纹质熔结凝灰岩,徐深 601 井,3564m,(—),×40

(a)—Sphaerulitic rhyolite, Xushen 1-3 well, 3509.23m, (—); (b)—trachyandesites, Xushen 10 well, 3800.47m, (+); (c)—dacite, Xushen 9 well, 3877m, (+); (d)—rhyolitic ignimbrite, Xushen 601 well, 3564m, (—), ×40

320m。

2.2 火山岩储集空间类型

火山岩储集空间分原生、次生两类(赵澄林, 1997;王允诚,1999)。原生储集空间是指岩浆喷出地面及冷却结晶过程中产生的气孔、孔洞,包括气孔和残余气孔(图 4a)、晶内孔、晶(砾)间孔(图 4b)以及冷凝收缩裂缝等;次生储集空间包括各种溶蚀孔,如斑晶、基质(图 4c)、填充物和粒内、晶间溶蚀孔以及构造裂缝(图 4d)、风化裂缝等(表 1)。

2.2.1 西部盆地

(1)准噶尔盆地:准噶尔盆地西北缘的火山岩储集空间包括气孔、晶(砾)间孔、冷凝收缩缝和晶间缝以及溶蚀孔、构造裂缝,主要组合为安山岩的晶间孔-裂缝-溶蚀孔和火山角砾岩的裂缝-溶蚀孔类型。荧光薄片统计表明以高角度构造裂缝最为有效,缝宽 0.1~1 mm;基质孔隙含油性差(王兆峰等,

2007)。陆东—五彩湾地区主要为熔岩及火山角砾岩的溶蚀孔、构造裂缝。滴北凸起为次生裂缝,孔隙度为 1%~5%,渗透率一般<0.01×10⁻³μm²(王仁冲等,2008);滴南凸起则为次生孔隙、次生裂缝。孔隙多微裂缝、角砾内半充填气孔、气孔和斑晶、基质、杏仁体内自生矿物溶蚀孔等。五彩湾凹陷与滴南凸起类似,安山岩、玄武岩发育裂缝、气孔、斑晶溶蚀孔;火山角砾岩、凝灰岩发育基质溶蚀孔、裂缝。

(2)三塘湖盆地:三塘湖盆地火山岩孔隙包括气孔、裂缝和溶蚀孔、未充填或半充填气孔、构造裂缝。其有效的储集空间类型主要为溶蚀孔、裂缝、气孔,或裂缝连通的原生及次生孔隙(谢庆宾等,2002);构成溶蚀孔、风化-淋滤孔缝、孔隙-裂缝、裂缝-混合孔隙等多种类型(何国貌等,2004)。其中,自碎角砾状安山岩、玄武岩发育砾内孔、砾间孔、砾内及砾间溶孔和砾间缝、构造缝、溶蚀缝等,组成裂缝-孔、洞型。

其基质孔隙度多为 3%~8%,渗透率 $<0.05\times10^{-3}\mu\text{m}^2$,但经过淋滤、溶蚀改造后,孔隙度一般 $>10\%$,最大 25%(马 19 井),渗透率 $>1\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。气孔安山岩、玄武岩发育气孔和杏仁内孔、斑晶、基质溶孔及不同类型的裂缝,孔隙度为 6%~10%,渗透率为 $(0.06\sim1)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ (孙玉凯等,2009)。

2.2.2 东部盆地

松辽盆地火山岩原生孔隙包括气孔、粒间孔;次生孔隙包括球粒内微溶孔、斑晶和基质内溶蚀孔、杏仁体内孔;裂缝则有构造裂缝、基质收缩缝和溶蚀构造缝等,构成气孔-杏仁体内孔-裂缝、球粒内微溶孔-微裂缝、气孔斑晶溶孔-裂缝和纯裂缝等多种储集空间类型(高福红等,2006)。

据岩芯、薄片和测试资料分析,裂缝在火山岩储层孔隙度中所占比例一般 $<10\%$,孔隙则 $>90\%$ (王璞珺等,2003)。升平地区流纹岩或球粒流纹岩孔隙类型有层状分布的气孔、放射状分布的球粒脱玻化微孔、斑晶溶孔和冷凝收缩缝等;兴城地区流纹质熔结凝灰岩、凝灰岩孔隙类型包括不规则分布的火山灰溶孔、长石晶屑溶孔及浆屑间孔和浆屑内气孔、微裂隙等;火山角砾岩、集块岩孔隙类型有砾间孔、砾内孔、火山灰溶蚀孔及节理缝和微裂缝等(冯子辉等,2008)。流纹岩气孔多拉长状,宽 0.1~0.5mm,占 73.79%;溶孔直径和溶缝宽度一般为 0.05~0.5mm;构造裂缝为 0.2~2mm。火山角砾岩粒内、粒间孔占 75.69%;粗面岩裂缝较多,占 6.76%(舒萍

等,2009)。庆深气田火山岩储层的有效孔隙度为 3.0%~10.0%,最大 11.6%,最小 1.8%;有效渗透率一般为 $(0.03\sim10.0)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$,最大 $122\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。岩芯裂缝的面孔率一般为 0.1%~5%(游先均,2008)。

2.3 火山岩岩相

一般将火山岩岩相可分喷出相、火山通道相、次火山相和火山沉积相。其中喷出相可细分为溢流相、爆发相和侵出相;火山通道相是火山物质从地下深处喷出到地表的通道;次火山相是侵入的火山产物,包括超浅成岩及隐爆角砾岩等。中基性岩类多以溢流相开始,主要相序类型为溢流相→爆发相/火山沉积相;中酸性岩类多以爆发相或火山通道相发端,主要相序为爆发相→溢流相/侵出相。溢流相多发育原生气孔、构造缝,储集性较优;爆发相孔隙类型多为粒间孔,其亚相间的松散层是有利储集空间;侵出相以角砾间孔和原生裂缝为主,构成规模较大的储层(王璞珺等,2003)。

2.3.1 西部盆地

(1)准噶尔盆地:按喷发形式和环境,红车断裂带火山岩岩相可分爆发相、溢流相和火山沉积相等类型。垂向上,车排子地区火山喷发初期以厚层火山角砾岩为主,夹薄层熔结角砾岩或凝灰岩;中期以溢流相玄武岩为主,安山岩次之;后期火山沉积相以凝灰岩为主。平面上,火山喷发沿 3 条断裂呈南北向点状分布,中心位于车 24、车 47 和车 23 井区(支

表 1 中国古亚洲域沉积盆地火山岩储层特征比较
Table 1 The comparison of volcanic reservoir characteristics in sedimentary basins of the paleo-Asian tectonic domain, China

地区与盆地		岩性	岩石类型	储集空间		平均孔隙度 (%)	平均渗透率 ($\times10^{-3}\mu\text{m}^2$)	储集性能
				原生	次生			
西部 区	准噶尔 盆地	火山熔岩	安山岩 玄武岩	晶间孔	裂缝、溶蚀孔	8.14 5.89	0.89	较好
		火山碎屑岩	火山角砾岩 凝灰岩		裂缝、溶蚀孔	9.84 7.92	1.65 2.09	好
	三塘湖 盆地	火山熔岩	安山岩 玄武岩	气孔、收缩裂缝	溶蚀孔、裂缝	10.51 2.97	10 1.7	好
		火山碎屑岩	火山角砾岩 凝灰岩	砾间孔、砾间缝	溶蚀孔、裂缝	11.2 11.7	0.05~9.76 0.05~2.28	较好 较差
东部 区	松辽 盆地	火山熔岩	流纹岩 安山岩、玄武岩	气孔、冷凝收缩缝	斑晶溶孔	7.88 7.50	1.38 1.47	好 较差
		火山碎屑岩	火山角砾岩 凝灰岩	砾间孔、砾内孔 火山灰溶孔、长石晶屑溶孔	4.86 6.56~7.70	0.56 0.25~0.83	较好 好	

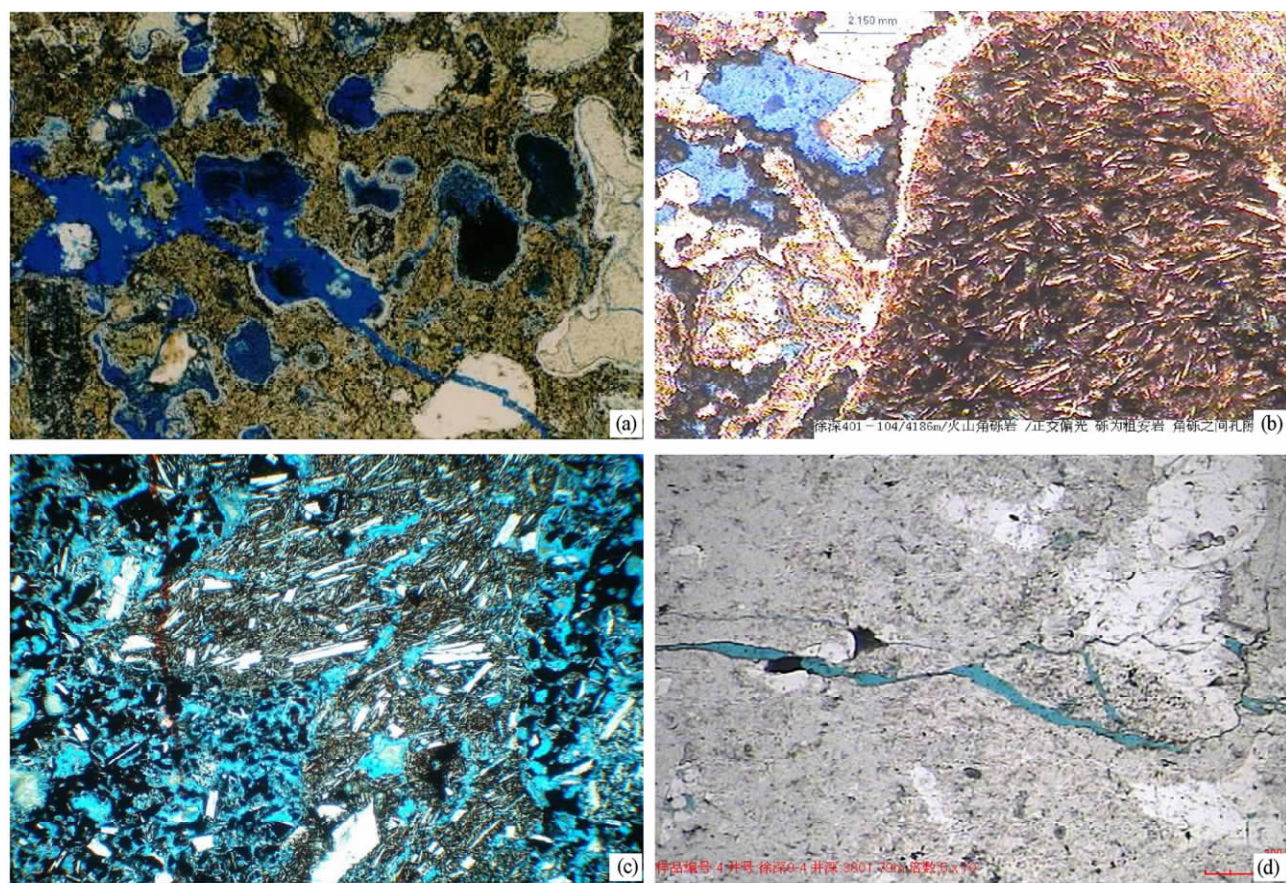


图 4 准噶尔盆地和松辽盆地火山岩储集空间类型照片

Fig. 4 Photos of reservoir space types of volcanic rocks in Junggar basin and Songliao basin

(a)一残余气孔和未充填气孔,彩 33 井,3288.45m,(—),×25;(b)一火山角砾岩砾间溶孔,徐深 401 井,4186.00m,(+);

(c)一基质溶孔,彩 28 井,1049.86m,(—),×40;(d)一微裂隙,徐深 9-4 井,3801.79m,(—),×50

(a)—Residual pores and unfilled pores, Cai 33 well, 3288.45m, (—), ×25; (b)—gravel solutional void of volcanic breccia, Xushen 401 well, 4186.00m, (+); (c)—matrix solutional void, Cai 28 well, 1049.86m, (—), ×40; (d)—microfissure, Xushen 9-4 well, 3801.79m, (—), ×50

东明等,2010)。爆发相分布在火山口或火山口附近,范围小、厚度大;远离火山口依次为溢流相、火山沉积相。爆发相火山角砾岩储集空间包括砾间孔、粒间孔及少量气孔;溢流相安山岩气孔发育,玄武岩仅见少量晶间孔;凝灰岩发育微孔(潘建国等,2007)。爆发相、溢流相沿克-百-乌-夏断裂带分布,多见高产区块和/或高产井,暗示火山岩油气聚集受断裂及火山岩岩相控制。

陆东一五彩湾地区常见爆发相、溢流相和火山沉积相,且构成两种相序。①滴南凸起西段中酸性火山岩喷发序列为火山碎屑岩与熔岩互层;远离火山口,熔岩含量降低,凝灰岩增加(滴西 10、滴 102、滴西 11 井)。②五彩湾凹陷、滴北凸起和滴南凸起西段(滴西 5、滴西 17 井)发育中基性火山熔岩,凝灰岩或火山角砾岩所占比例甚少(彩 201、彩 25

井),向外过渡为火山角砾岩与熔岩互层(彩 46 井)。

(2)三塘湖盆地:据三塘湖盆地马朗凹陷牛东 9-10、马 17 和马 19 井的测井、地震相分析,牛东油田卡拉岗组火山岩岩相发育爆发相、溢流相、火山沉积相和火山通道相,但钻井仅揭示溢流相、爆发相和火山沉积相,并以溢流相为主。在相序上,爆发相与溢流相频繁互层,自下而上单一火山喷发旋回多由爆发相、溢流相和火山沉积相组成;复式火山喷发旋回则由多个爆发-溢流相组成,上覆火山沉积相。爆发相多发生在卡拉岗组火山活动初期,岩性组合为玄武岩、安山岩、火山角砾岩、凝灰质火山角砾岩和凝灰岩,玄武岩、安山岩为薄层熔岩。溢流相以玄武岩、安山玄武岩和安山岩为主。通过岩芯、岩石薄片及测井资料分析,优质储层发育在溢流相的杏仁状玄武岩、安山岩和自碎角砾岩中。自碎角砾岩的基

质孔隙度一般较低,但经风化淋滤和溶蚀改造后,孔隙度最高可达 25%(马 19 井)。孔隙类型有砾内孔、砾间孔、砾内溶孔(洞)及砾间溶孔;裂缝包括砾间缝、构造缝、溶蚀缝,孔缝组合为裂缝-孔、洞型(孙玉凯等,2009)。

2.3.2 东部盆地区

松辽盆地升平气田营城组火山岩岩相主要为溢流相、火山沉积相和少量的爆发相,各相带岩性及储层空间存在差异。垂向上各相带的接触关系是下部为爆发相,中上部为溢流相。爆发相主要为火山角砾岩,其储集空间为粒间孔、成岩收缩缝、气孔、构造微裂缝等。溢流相熔岩以原生气孔和次生溶孔为主要的储集空间,发育少量裂缝。溢流相上部快速冷凝,结晶程度低,在流纹岩球粒中发育小溶孔;中部发育原生气孔(最大 3mm)、杏仁体内孔、斑晶溶孔、基质溶孔及后期构造缝;下部储集空间是裂缝和少量的斑晶溶孔。火山沉积相带的储集空间包括基质溶孔、粒间孔和少量微裂隙(罗静兰等,2008),主要发育在升深 2-1 井下部。统计表明,爆发相火山角砾岩带及溢流相自碎角砾状熔岩储层较为有利。

松辽盆地长岭断陷火山岩相包括爆发相、溢流相。实测物性参数表明,溢流相气孔流纹岩、爆发相角砾岩和晶屑凝灰岩储层较好。腰深 1 井揭示,火山活动由下部的爆发相和上部的溢流相组成(秦伟军等,2008)。爆发相的凝灰岩和熔结凝灰岩以晶间、角砾间孔缝为主,后期可产生溶蚀孔、缝;溢流相主要发育流纹岩、英安岩、安山岩和玄武岩,垂向分带明显。溢流相下部亚相为块状流纹岩,构造裂缝发育;中部亚相为发育流纹构造的流纹岩,见原生孔隙、流纹理层间缝隙和构造裂缝;上部亚相为气孔流纹岩,原生气孔最发育,占总体积的 25%~30%。

3 中国古亚洲域沉积盆地火山岩储层差异的影响因素

火山岩油气藏储层研究的核心内容是确定储层的类型、储集空间及其分布。这些研究涉及到火山岩的孔隙结构、发育特征及分布规律和储层类型、含油性等几个方面。火山岩储层的差异受多因素影响,包括岩性岩相、喷发环境以及后期构造、成岩作用等。前者奠定火山岩储层形成与分布的基础和储集空间的发育程度;后者则改造储层的储集性能。

3.1 火山岩储层岩性差异受大地构造环境控制

中国古亚洲域盆地火山岩储层岩性发育的差异与其不同的大地构造发展阶段或大地构造环境有

关。岩性是制约火山岩储层孔隙结构的直接因素,如安山岩常发育半充填或充填气孔,凝灰岩易于产生微孔,火山角砾岩发育粒内溶孔、熔岩气孔和基质孔等。通常火山角砾岩储集性好于熔岩。

哈萨克斯坦板块由古亚洲洋中的多个陆块拼贴而成,晚古生代发育泥盆—石炭纪裂陷槽或残余洋盆。据区域地层和岩浆岩研究,西准噶尔晚古生代发育 3 期火山活动(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993)。早石炭世,觉罗塔格地区张裂发育中基性—中酸性火山岩;晚石炭世早期,依林黑比尔根地区发育巨厚的(柳树沟组)火山—沉积建造;沿准噶尔盆地陆梁隆起—卡拉麦里山及山前发育巴塔玛依内山组陆相火山岩系。早二叠世,西准噶尔发育陆内裂陷,伴生大量的火山岩喷发。在残余洋盆之后的一系列后碰撞事件(王京彬等,2006;韩宝福等,2006)中,火山岩同位素特征说明成岩物质具有幔源拉张背景(韩宝福等,1998;郑建平等,2000)。

东北地区夹在华北板块与西伯利亚板块之间,两大板块的缝合时间西早东晚,分别为晚泥盆—早石炭世和晚二叠—早三叠世。蒙古—鄂霍次克洋盆自晚三叠—早侏罗世渐趋收缩,中晚侏罗世大部闭合,早白垩世东段最终闭合。晚三叠—中侏罗世,火山岩分布在华北板块北缘的辽西、大兴安岭南段、延边等地;晚侏罗—早白垩世,分布在大兴安岭北部。其中,晚侏罗世大兴安岭以西海拉尔、二连盆地的火山活动可能与蒙古—鄂霍茨克洋闭合后的碰撞造山有关;早白垩世早期,古太平洋板块向欧亚板块俯冲,引发大面积的中酸性岩浆活动,形成大兴安岭 NNE 向的火山岩带和松辽盆地的火石岭组火山岩。松辽盆地、大兴安岭等地的高钾钙碱性火山岩,暗示东北地区早白垩世处于伸展环境(郭峰等,2001;李超文等,2010;章凤奇,2007)。早白垩世晚期,酸性火山喷发结束。

3.2 火山岩原生储集空间差异受岩性、岩相控制

原生储集空间是指岩浆喷出地面及冷却结晶过程中产生的气孔、孔洞,包括气孔和残余气孔、晶内孔、晶(砾)间孔以及冷凝收缩裂缝等。岩性、岩相决定储集空间的发育程度与规模(李军等,2008)。岩性决定原生孔隙的类型(王璞珺等,2003;余淳梅等,2004;王传成等,2008;冯子辉等,2008)并影响储集性能。

从基性、中性到酸性熔岩,岩石黏度、脆性逐渐升高(王仁冲等,2008)。牛东 9-10 井卡拉岗组火山岩薄片鉴定表明,安山岩杏仁体发育程度高于玄武

岩(郭沫贞等,2008)。这是由于中性岩浆的二氧化硅含量较高,岩浆黏度大,挥发物质不易逸散,易于形成气孔,杏仁体发育。熔岩除多发原生气孔外,在后期构造作用下易于破裂,生成大量的次生孔缝。火山角砾岩以砾内、砾间孔为主,而凝灰岩以微裂缝为主。

不同岩相的火山岩存在结构、构造上的差异,具有不同的孔隙类型甚至储集物性,影响着原生孔、缝的组合与分布。火山通道相的储集空间发育孤立气孔、火山碎屑间孔;爆发相发育火山角砾间孔、气孔、溶蚀孔洞缝;喷溢相熔岩发育原生气孔、收缩缝;侵入相则发育裂缝、溶孔、晶间孔等(王璞珺等,2003)。因此,近火山口地区多见有利的储集相带。

3.3 火山岩次生储集空间差异受构造、成岩控制

构造活动主要影响火山岩储层中的裂缝。气孔、杏仁发育区段的裂缝提高气孔的连通程度,且溶解作用常沿裂缝发生,形成大量的溶蚀孔隙,甚至在致密段发育的裂缝可形成裂缝型储层(谢庆宾等,2002)。对于安山岩和玄武岩,孔缝组合后的岩石面孔率为 1.67%,孔隙度为 6%~10%,渗透率 $>(0.06\sim1)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ (孙玉凯等,2009)。庆深气田部分碎裂安山岩和玄武岩储集层的孔隙度可达 16.9%,渗透率为 2.25md(冯子辉等,2008)。构造活动对火山岩次生储集空间的影响表现在 3 个方面:①多期次、多火山口喷发,大面积分布的火山岩构成储层发育的基础;②火山岩体暴露,原生孔缝在风化淋滤中扩大,连通性提高;③致密火山岩发育裂缝,既能连通孤立的原生气孔,增大储集空间,又能作为通道加强溶解作用,形成次生溶蚀孔隙,改善储层的储渗能力。

成岩作用对火山岩储集性能的影响具有双重性,或导致原生孔隙发生次生充填,降低储渗性能,或加强孔缝溶蚀,改善储集性能。前者包括热液沉淀结晶、压实胶结、充填、压实压溶、熔结等;后者则有冷凝收缩、脱玻化、挥发分逸散、溶蚀、构造、风化淋滤等。

4 讨论

火山岩油气勘探表明,与火山岩或火山作用有关的油气既有有机成因的,也有无机成因的(刘嘉麒等,2009)。目前具有工业开采价值的火山岩油气藏以有机成因为主,烃源岩内有机质成熟后运移至火山岩储层或火山岩/火山作用形成的相关圈闭内聚集成藏。

4.1 西部盆地地区

4.1.1 准噶尔盆地

油源对比分析表明,准噶尔盆地石炭系火山岩原油来自滴水泉组、巴塔玛依组炭质泥岩,或平地泉组烃源岩(杨斌等,2002)。滴水泉组炭质泥岩、暗色泥岩的有机碳含量分别为 11.51%~19.65%和 0.53%~1.24%,干酪根以 II₂-III 型为主, Ro 平均为 1.41%。巴塔玛依内山组炭质泥岩和泥岩、沉凝灰岩有机质较为丰富,有机碳含量分别为 21.42%和 1.86%,干酪根以 II₂-III 型为主, Ro 平均为 1.36%,处于生油高峰—湿气阶段。平地泉组发育大套暗色湖相泥岩,有机碳含量平均为 2.76%,干酪根以 II-III 型为主(解宏伟等,2008)。

4.1.2 三塘湖盆地

钻井揭示,三塘湖盆地马朗凹陷石炭系发育两套烃源岩,其中哈尔加乌组烃源岩主要为暗色泥岩、炭质泥岩和凝灰质泥岩(李光云,2010)。马 33 井、马 29 井烃源岩分别厚 104m 和 77m;有机碳含量为 0.1%~14.65%,平均为 4.39%。热演化程度适中,如塘参 3 井样品的 Ro 处于 0.5%~1.0%之间。油源对比表明,卡拉岗组原油来自哈尔加乌组,而哈尔加乌组原油则来自姜巴斯套组或为自生原油。从油藏分布看,基本以垂向运移为主(闫玉魁,2009),伴有侧向的短距离运移。因此,近生烃中心对火山岩油气分布控制作用明显。

4.2 东部盆地地区

松辽盆地沙河子组发育暗色泥岩,三深 2 井钻遇厚度达 771m;煤层厚度在 3~103m 之间,分布在徐深 1 井以北。据徐家围子断陷探井资料分析,有机碳含量为 1%,干酪根类型为 II-III 型,以 II 型为主,为较好烃源岩(宋维海等,2003),其埋深约为 3000m, Ro > 2.0%,以生气为主。无机成因天然气也是本区深层气的重要来源(王璞珺等,2007)。天然气化学组分包括烃类气体和非烃类气体,前者指甲烷及乙烷、丙烷等生烃组分,后者常见 N₂、CO₂ 和 H₂S 等。兴城气田样品一般落入泥岩和煤成天然气的混合区域;徐深 8 井落入煤成气区域;徐深 601 井落入偏腐殖型气区域,主要为泥岩生气;徐深 603 井则表现出无机气和煤成气、偏腐殖型气的混合气(门广田,2007)。

5 结论

(1)中国古亚洲域晚古生代和中生代火山岩差别明显:在分布上,西部发育 NWW 向展布的晚古

生代火山岩,东部发育中新世代 NNE 或 NE 向火山岩;在岩相方面,西部发育海相、海陆交互相火山岩,东部发育陆相火山岩;在岩性上,均发育基性—中性—酸性火山岩,但西部以中基性岩为主,东部以中酸性岩为主,并见碱性岩;在岩浆系列和构造背景上,西部以古岛弧或活动陆缘型造山带钙碱性火山岩为主,东部以板内造山带富碱的钙碱性火山岩为主,晚期见碱性火山岩,反映先压后张的构造背景。

(2)中国古亚洲域沉积盆地火山岩储集空间分原生、次生两类。其中,原生储集空间是指岩浆喷出地面及冷却结晶过程中产生的气孔、孔洞,包括气孔和残余气孔、晶内孔、晶(砾)间孔以及冷凝收缩裂缝等;次生储集空间包括各种溶蚀孔,如斑晶、基质、填充物和粒内、晶间溶蚀孔以及构造裂缝、风化裂缝等。火山岩岩相可分喷出相、火山通道相、次火山相和火山沉积相,其中喷出相可细分为溢流相、爆发相和侵出相。中基性岩类多以溢流相开始,主要相序类型为溢流相→爆发相/火山沉积相;中酸性岩类多以爆发相或火山通道相发端,主要相序为爆发相→溢流相/侵出相。溢流相发育原生气孔、构造缝,储集性较优;爆发相孔隙类型多为粒间孔;侵出相以角砾间孔和原生裂缝为主。

(3)中国古亚洲域沉积盆地火山岩储层研究涉及火山岩的孔隙结构、发育特征及分布规律和储层类型、含油性等方面。火山岩储层的差异受多因素影响,包括岩性岩相、喷发环境以及后期构造、成岩作用等。岩性岩相、喷发环境奠定火山岩储层形成与分布的基础和储集空间的发育程度;后期构造、成岩作用则改造储层的储集性能。

参 考 文 献

陈岩. 1988. 克拉玛依油田一区石炭系火山玄武岩油藏剖析. 新疆石油地质, 9(1): 17~31.

冯子辉, 邵红梅, 童英. 2008. 松辽盆地庆深气田深层火山岩储层储集性控制因素研究. 地质学报, 82(6): 760~768.

高福红, 徐学纯, 邹海峰, 计桂霞. 2006. 松辽盆地升平地区 J₃-K₁ 火山岩储集空间特征及影响因素. 世界地质, 25(3): 291~294.

郭锋, 范蔚茗, 王岳军, 林舸. 2001. 大兴安岭南段晚中生代双峰式火山作用. 岩石学报, 17(1): 161~168.

郭沫贞, 朱国华. 2008. 三塘湖盆地石炭系火山岩油藏储集空间特征与成因机理. 吐哈油气, 13(3): 230~233.

韩宝福, 何国琦, 王式光. 1998. 新疆北部后碰撞幔源岩浆活动与陆壳纵向生长. 地质论评, 44(4): 396~406.

韩宝福, 季建清, 宋彪, 陈立辉, 张磊. 2006. 新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长(1)——后碰撞深成岩浆活动的时限. 岩石学报, 22(5): 1077~1086.

何国貌, 张峰, 王文霞. 2004. 三塘湖盆地火山岩油气藏特征及有利成藏条件. 吐哈油气, 9(4): 309~311.

冀国盛, 戴俊生, 马欣本, 王志云. 2002. 苏北盆地闵北地区阜宁组一、二段火山岩的储集特征. 石油与天然气地质, 23(3): 289~292.

降栓奇, 陈彦君, 赵志刚, 高双, 李红恩, 李晓红. 2009. 二连盆地潜山成藏条件及油藏类型. 岩性油气藏, 21(4): 22~27.

匡立春, 吕焕通, 薛晶晶, 朱筱敏, 李德江. 2008. 准噶尔盆地西北缘五八开发区二叠系佳木河组火山岩储层特征. 高校地质学报, 14(2): 164~171.

兰朝利, 王金秀, 杨明慧, 张君峰, 何顺利. 2008. 低渗透火山岩气藏储层评价指标刍议. 油气地质与采收率, 15(6): 32~34.

李超文, 郭锋, 赵亮, 李红霞. 2010. 吉林东南部晚中生代中酸性火山作用成因的地球化学制约. 岩石学报, 26(4): 1074~1088.

李光云. 2010. 三塘湖盆地马朗凹陷上石炭统火山岩油藏形成条件与主控因素. 北京: 中国地质大学(北京)博士论文, 1~123.

李军, 薛培华, 张爱卿, 刘小燕. 2008. 准噶尔盆地西北缘中段石炭系火山岩油藏储层特征及其控制因素. 石油学报, 29(3): 329~335.

李新宁, 许贡, 魏玉堂, 杨军宏, 康毅. 2008. 吐哈盆地有利火山岩油气勘探区域初探. 吐哈油气, 13(3): 223~228.

刘嘉麒, 孟凡超. 2009. 火山作用与油气成藏. 天然气工业, 29(8): 1~4.

刘俊田, 刘媛萍, 郭沫贞, 覃新平, 闫立纲. 2009. 三塘湖盆地牛东地区石炭系火山岩相储层特征及其成因机理. 岩性油气藏, 21(2): 64~69.

罗静兰, 林漳, 杨知盛, 刘小洪, 张军, 刘淑云. 2008. 松辽盆地升平气田营城组火山岩岩相及其储集性能控制因素分析. 石油与天然气地质, 29(6): 748~757.

马丽芳, 丁孝忠, 据远景. 2006. 中国地质, 中国地质图集电子版. 北京: 地质出版社.

门广田. 2007. 徐家围子断陷火山岩天然气成藏与分布主控因素研究. 大庆: 大庆石油学院博士论文, 1~128.

聂保锋, 于炳松, 李正科, 文川江, 刘永顺, 宋本彪. 2009. 新疆三塘湖盆地牛东区块晚石炭世—二叠纪火山岩相及储层特征. 岩性油气藏, 21(3): 18~22.

潘建国, 郝芳, 谭开俊, 卫平生, 任培罡, 陈永波, 尹路. 2007. 准噶尔盆地红车断裂带古生界火山岩油气藏特征及成藏规律. 岩性油气藏, 19(2): 53~56.

秦凤启, 崔永谦, 王桂苓, 于顺平, 刘喜恒, 谢建荣, 潘雯丽. 2010. 二连盆地洪浩尔舒特凹陷安山岩储层预测方法. 中国石油勘探, (2): 70~73.

秦伟军, 刘超英, 谈凤其, 高中哲, 毛根塔. 2008. 松辽盆地长岭断陷火山岩相与天然气成藏关系. 石油实验地质, 30(4): 328~332.

宋维海, 王璞珏, 张兴洲, 蒙启安, 单玄龙, 程日辉. 2003. 松辽盆地中生代火山岩油气藏特征. 石油与天然气地质, 24(1): 12~17.

舒萍, 丁日新, 纪学雁. 2009. 徐深气田火山岩储层储集空间特征及渗流机理. 天然气工业, 29(8): 82~85.

孙玉凯, 罗权生, 张克安, 任忠跃, 石家雄. 2009. 三塘湖盆地牛东油田火山岩岩性岩相特征及其对储集性能的控制作用. 石油天然气学报, 31(3): 57~61.

王碧香, 李汉生, 韩同林, 史仁灯. 2006. 中国火山岩, 中国地质图集

- 电子版. 北京: 地质出版社.
- 王传成,侯贵廷,李江海,刘文龙,贺电,刘守偈. 2008. 大庆徐家围子断陷火山岩储集性控制因素分析. 北京大学学报,(1):46~51.
- 王金秀,杨明慧,王东良,兰朝利,张君峰. 2009. 准噶尔盆地陆东-五彩湾地区石炭系火山机构类型及其油气勘探. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),31(5):27~31.
- 王京彬,徐新. 2006. 新疆北部后碰撞构造演化与成矿. 地质学报,80(1):23~31.
- 王璞珺,侯启军,刘万洙,黄玉龙,贾军涛,唐华风. 2007. 松辽盆地深层火山岩储层岩相特征和天然气的来源. 世界地质,26(3):319~325.
- 王璞珺,陈树民,刘万洙. 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,24(1):18~23.
- 王前林. 2009. 海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷构造样式及有利火山岩储层预测. 石家庄: 石家庄经济学院硕士学位论文,1~59.
- 王仁冲,徐怀民,邵雨,李林,魏凌云. 2008. 准噶尔盆地陆东地区石炭系火山岩储层特征. 石油学报,29(3):350~355.
- 王允诚. 1999. 油气储层评价. 北京:石油工业出版社,75~82.
- 王兆峰,孔垂显,戴雄军,秦军,陈庆,周阳,华美瑞. 2007. 复杂火山岩油藏储集空间类型及其有效性评价——以克拉玛依油田克92井区石炭系油藏为例. 石油天然气学报,29(6):58~61.
- 肖永军,徐佑德,王德喜. 2009. 长岭断陷东部火山岩气藏成藏条件及成藏模式. 天然气地球科学,20(4):538~543.
- 肖毓祥,李军,陈再学,丛玉梅,刘小燕. 2008. 深埋藏气孔状流纹质熔结火山碎屑岩储层特征与成因分析——以准噶尔盆地西北缘夏72井区火山岩油藏为例. 石油天然气学报,30(5):22~26.
- 解宏伟,田世澄,胡平. 2008. 准噶尔盆地东部石炭系火山岩成藏条件. 特种油气藏,15(3):29~32.
- 谢庆宾,韩德馨,朱筱敏,朱毅秀. 2002. 三塘湖盆地火成岩储集空间类型及特征. 石油勘探与开发,29(1):84~111.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志. 北京:地质出版社,515~562.
- 闫春德,俞惠隆,余芳权,王典敷. 1996. 江汉盆地火山岩气孔发育规律及其储集性能. 江汉石油学院学报,18(2):1~6.
- 闫玉魁. 2009. 三塘湖盆地石炭系火山岩构造背景与油气成藏. 中国矿业,18(6):46~49,52.
- 杨斌,严志民,尤绮妹,韩军,关强,任江玲,吴建英. 2002. 准噶尔盆地东部石炭系原油地球化学特征. 新疆石油地质,23(6):478~481.
- 杨珍祥,梁浩,罗权生. 2010. 三塘湖盆地石炭系火山岩储集性能. 新疆石油地质,31(3):254~256.
- 游先均. 2008. 松辽盆地徐家围子地区庆深气田火山岩储集特征. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),30(3):211~212.
- 于英太. 1988. 二连盆地火山岩油藏勘探前景. 石油勘探与开发,(4):9~19.
- 余淳梅,郑建平,唐勇,杨召,齐雪峰. 2004. 准噶尔盆地五彩湾凹陷基底火山岩储集性能及影响因素. 地球科学,29(3):303~308.
- 张美玲,邵阳,高柏原,林丽丽. 2009. 海拉尔盆地含火山岩地层主要岩性分布及测井响应分析. 中国石油勘探,(2):50~54.
- 章凤奇. 2007. 松辽盆地北部早白垩世火山事件与地球动力学. 杭州: 浙江大学博士学位论文,1~123.
- 赵澄林. 1997. 特殊油气储层. 北京:石油工业出版社,1~46.
- 赵德力,徐佑德,魏分粮,张玺,方欣欣. 2009. 长岭断陷营城组火山岩成藏特征及勘探方向. 断块油气田,16(3):17~20.
- 赵文智,邹才能,李建忠,冯志强,张光亚,胡素云,匡立春,张研. 2009. 中国陆上东、西部地区火山岩成藏比较研究的意义. 石油勘探与开发,36(1):1~11.
- 郑建平,王方正,成中梅,吴晓智,张义杰. 2000. 拼合的准噶尔盆地基底:基底火山岩 Sr-Nd 同位素证据. 地球科学,25(2):179~185.
- 支东明,贾春明,姚卫江,常娟,梁则亮. 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,32(2):166~169.
- 邹才能,赵文智,贾承造,朱如凯,张光亚,赵霞,袁选俊. 2008. 中国沉积盆地火山岩油气藏形成与分布. 石油勘探与开发,35(3):257~271.

Reservoir Characteristic Comparison and Difference Analysis of Volcanic Reservoirs in the Paleo-Asian Domain's Basin, China

YANG Minghui¹⁾, LAN Chaoli²⁾

1) *State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing, 102249;* 2) *College of Petroleum Engineering, China University of Petroleum, Beijing, 102249*

Abstract

According to analysis of the ages and lithology of parent rocks in volcanic reservoirs, the types of reservoir space and lithofacies of volcanic rocks, which distribute in the basins all around the paleo-Asian tectonic domain of China, the article discusses the reservoir characteristics and difference of volcanic oil and gas pool. In the paleo-Asian tectonic domain of China, the research indicates that the parent rocks in volcanic reservoir develop in a regular pattern: western parent rocks age is older than eastern. The Junggar basin, Santanghu basin and Tuha basin which located in the west develop marine and marine-terrigenous medium-basic andesite, basalt and pyroclastic rocks of the late Palaeozoic; and the Songliao basin, Erlian basin and Hailaer basin located in the east develop continental intermediate-acid rhyolite and andesite of the Mesozoic. The primary reservoir space of volcanic rock includes pores, cavity and solidification contraction fractures; the secondary reservoir space includes various of dissolved pores, structural fractures and weathered fractures. The volcanic lithofacies can be divided into extrusive facies, conduit facies, subvolcanic facies and volcanic sedimentary facies. Most of intermediate-basic rocks begin with effusive facies, and the type of phase sequence is effusive facies, explosive facies/volcanic sedimentary facies; Most of the intermediate-acid rocks begin with explosive facies or conduit facies, the main phase sequence is explosive facies, effusive facies/ extrusive facies. The effusive facies develop primary pores and structural fracture; Explosive facies develop intergranular pore; Inter-breccia pore and primary fracture are dominant in the extrusive facies. Several factors affect the difference of volcanic reservoir, such as lithology and lithofacies, eruption environment, late reformation and diagenesis. The first two factors control the formation and distribution of volcanic reservoir and development of reservoir space; the rest reform storage property and permeability of the reservoir.

Key words: volcanic rocks; reservoir; oil and gas pool; paleo-Asian tectonic domain; sedimentary basins