

准噶尔盆地滴西地区火山岩爆发相特征 及储集性能影响因素

袁 丹¹ 郝爱华¹ 刘 文² 熊益学¹ 周 慧¹ 刘豈瑜³

(1.西南石油大学资源与环境学院,四川 成都 610500;2.中国石油长庆油田公司,陕西 西安 710054;3.中国石油塔里木油田公司,新疆 库尔勒 841000)

摘要:爆发相火山岩是火山碎屑不同形式的组合体,根据火山碎屑的类型和组合方式可以划分为空落亚相、热基浪亚相、热碎屑流亚相和溅落亚相共 4 个亚相,每个亚相都有其独特的判别标志。克拉美丽滴西地区爆发相火山岩的岩心、普通薄片、铸体薄片以及测井资料研究发现,该区域岩性复杂,爆发相火山岩主要赋存在滴西 10 井区和滴西 14 井区范围内,岩性以火山凝灰岩、火山角砾岩、熔结凝灰岩和熔结火山角砾岩为主。爆发相的储集空间以基质溶孔、粒内溶孔、构造裂缝和溶蚀缝为特征。爆发相各亚相中,以熔结凝灰岩为主的热碎屑流亚相和以火山凝灰岩为主的空落亚相为优质储集体发育部位,主要影响因素为构造作用和流体的溶蚀作用。这项研究为判别其他相似地区爆发相火山岩能否成为有效储层提供参考意义。

关键词:火山岩储层;爆发相;石炭系火山岩;克拉美丽气田;准噶尔盆地

中图分类号: P588.14 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2013)02-0414-08

经济的快速发展引发人类对油气资源需求量的猛增,加之国内相继在渤海湾盆地、内蒙二连盆地、黄骅坳陷、准噶尔盆地、塔里木盆地、松辽盆地、江苏油田等地区发现重要的火山岩油气藏^[1],使得众多国内外学者开始重视对火山岩的研究,并且把火山岩油气藏视为油气总量新的战略增长点。火山岩相是火山作用产物在空间上分布的格局、产出的方式以及这些产物所呈现的外貌和特征(王德滋和周新民,1982)。火山岩相是火山岩成因和物性研究的重要内容,岩相的识别也是火山岩储层研究及预测的集中表现^[2-3]。准噶尔盆地油气资源丰富,克拉美丽气田是准噶尔盆地的一个特大型火山岩气田,在 2007 年滴西 4 个井区提交的控制储量中,滴西 14 井区的储量约占总储量的 66.32%。大量的岩心观察和岩石薄片鉴定发现,滴西 14 井区主要为原生孔隙不发育的爆发相火山凝灰岩和少量爆发相火山角砾岩,显示了在一定的条件下,爆发相也能像溢流相一

样成为良好的油气储集层。

通过综合调研前人的研究成果发现,有关滴西地区石炭系火山岩爆发相各亚相的特征,以及影响爆发相储集性能的因素方面研究较少。本文借助成像测井、岩心薄片及铸体薄片资料,对爆发相储集空间类型进行统计分析,结合测定的物性判定爆发相储集层的类型;针对爆发相的岩性和空间赋存特点,探讨影响爆发相储集性能的因素,以期通过这些因素的综合分析,判定爆发相如何发育成为有效储集层。

1 区域地质概况

准噶尔盆地位于中国西部,总面积约为 $13.487 \times 10^4 \text{ km}^2$,是一个被三山环绕的复合叠加盆地^[4],形状近似三角形。其东北与青格里底山相邻,西北以扎伊尔山为界,南部与依林黑比尔根山相接^[5]。陆梁隆起带位于盆地中部,是一个大型断隆带,其盖层断裂受控于基底断裂^[6]。克拉美丽气田位于陆梁隆起

东南部滴南凸起西端,研究区石炭系为大型鼻状构造,北部受铲式逆断层——滴水泉北断裂控制,南侧受铲式断层——滴水泉西断裂控制(图 1)。克拉美丽气田石炭系自下而上划分为下石炭统塔木岗组(C_{1t})、滴水泉组(C_{1d})和上石炭统巴塔玛依内山组(C_{2b}),石炭系上部为二叠系乌尔禾组(P_{3u})。塔木岗组形成于海陆交互环境(解宏伟,2008),岩性以泥岩和凝灰岩为主;滴水泉组为一套滨浅湖或浅湖-半深湖相沉积(徐兴友,2005),岩性以凝灰质泥岩为主,夹薄层煤;巴塔玛依内山组由一套火山熔岩、火山碎屑岩以及少量沉积岩组成,是石炭系的重要产层,也是本次研究的目的层。根据前人的研究成果,滴西地区火成岩早期在岛弧环境下发育,后期处于造山后伸展裂隙的构造环境^[7],对火山岩岩性和岩相组合产生重要影响。

2 岩性岩相分布特征

2.1 火山岩相的分类

火山喷发类型多样,火山岩岩性复杂,火山岩空间上变化快,多年以来火山岩相划分没有统一的标准。前人曾采用不同的划分依据对火山岩相进行过各种划分^[8-12]。随着火山岩研究的不断深入,火山岩相的划分日趋变得详细与合理。目前应用最广的火山岩相分类方案是将火山岩相分为溢流相、爆发相、火山通道相、次火山岩相和火山沉积相。

通过滴西地区石炭系火山岩 4 个井区主要取心

井的岩心观察、镜下薄片鉴定,发现该区火山岩岩石类型多样,包括火山熔岩、火山碎屑熔岩、正常火山碎屑岩、火山碎屑-沉积岩以及次火山岩。滴西 10 井区和滴西 14 井区发育火山碎屑岩,镜下显示火山碎屑岩以火山凝灰岩为主,以“岩性-组构-成因”分类方案为基础^[2],考察滴西 10 井区和滴西 14 井区爆发相各亚相特征,建立滴西地区石炭系火山岩爆发相各亚相的识别标志,并对各亚相的储集物性进行对比。

2.2 爆发相及其分类

爆发相是火山喷发形成不同高度的喷发柱,在喷发气流、大气气流以及风力支撑下,以空气介质为搬运营力的火山碎屑,在初始动能和风速改变时,受重力作用下落到地表的堆积物^[13]。目前主要的爆发相分类方案如表 1,一般将爆发相分为火山泥流相、火山碎屑流相、涌流相和空落相。陶奎元与邱家骧的分类基本相同,后者的火山泥流相囊括了谢家莹的爆溢相和火山泥石流相;王璞珺将爆发相分为热碎屑流亚相、热基浪亚相和空落亚相,其中热碎屑流亚相类似于刘祥(1997)分类方案中的火山泥流堆积物和火山碎屑流状堆积物。

2.3 爆发相各亚相特征与识别标志

2.3.1 空落亚相

火山喷发空中降落堆积物是火山爆发时,从火山口喷向空中的所有产物(刘祥)。喷发物在空气中传播,分布范围除受火山爆发强度、重力作用影响



图 1 准噶尔盆地滴西地区石炭系顶面构造图

Fig.1 Carboniferous top surface structural map of Dixi in Junggar Basin

表 1 火山岩爆发相亚相分类方案
Table1 Classification scheme for sub-facies of volcanic explosive facies

| 岩相 | 陶奎元 (1994) | 邱家骧 (1996) | 谢家莹 (1996) | 刘祥 (1997) | 王璞珺 (2000) |
|-----|------------|------------|---------------|-------------|---------------|
| 爆发相 | 火山泥流相 | 火山泥流相 | 爆溢相 火山泥石流相 | 火山泥流堆积物 | 热碎屑流亚相 |
| | 火山碎屑流相 | 火山碎屑流相 | 火山碎屑流相 | 火山碎屑流状堆积物 | 热基浪亚相 空落亚相 |
| | 涌流相 | 涌流相 | 基地涌流相 | 火山基浪堆积物 | |
| | 降落相 | 空落相 | 爆发空落相 | 火山喷发空中降落堆积物 | |

注:据文献[2-3,8-11]整理。

外,明显地受到风速和风向的影响^[1]。空落亚相是固态火山碎屑和塑性喷出物在火山气射作用下在空中作自由落体运动降落到地表,经压实作用形成的。空落亚相的代表岩性为集块岩、火山角砾岩和凝灰岩,具有集块结构、角砾结构和凝灰结构。空落亚相多发育在爆发相的下部,靠近火山口附近,具有从火山口向外厚度逐渐变薄,纵向上从下到上粒度逐渐变细的趋势。空落亚相的代表性特征是具有层理的凝灰岩层被弹道状坠石扰动的“撞击构造”^[2]。

滴西 10 井区滴西 10 井发育的火山碎屑岩,具有以下鉴定特征:

(1)滴西 10-3026.33 m,粗面质凝灰岩。镜下薄片显示主体岩性为结构致密的火山凝灰岩,是极小小火山灰及碎屑经压实作用形成。镜下可见两组呈近 60°方向相交的构造裂隙,其中一组裂隙显示较连续,其形成时间较晚;另一组裂隙显示不连续,为早期形成后又为后期裂隙错断而成,沿构造裂隙次生溶蚀和脱玻化重结晶呈线状分布,使原来结构致密的火山凝灰岩变得孔缝相对发育,局部可见沥青质充填(图版 I-A)。

滴西 14 井区 Dx1414 井发育的火山碎屑岩,具有以下鉴定特征:

(1)Dx1414-3627.5 m,粗面质火山角砾岩。岩石照片显示岩石具火山角砾结构、块状构造。角砾成分复杂、无定向排列,基质为凝灰质。岩石发育不同方向的构造微裂隙,部分裂隙被黑色炭质和红色沸石充填。次生溶孔较发育,形态不规则(图版 I-B)。

(2)Dx1414-3730.44 m,粗面质凝灰角砾岩。镜下薄片显示内部发育大量板条状斜长石微晶的中性角砾,以棱角状为主,含量在 65%左右,暗示火山角砾岩在形成过程中未受到明显的搬运作用。角砾间原生孔隙发育,被后期的黑色有机物充填(图版 I-C)。

根据空落亚相的识别标志,认为滴西 1414 井 3627 m 和 3730 m 附近和滴西 10 井 3026 m 附近发

育爆发相的空落亚相。

2.3.2 热基浪亚相

热基浪亚相是气射作用的三相体系(气-固-液),经过近地表悬移搬运、重力沉积及压实成岩的产物。热基浪亚相的特征岩性为含晶屑、玻屑、浆屑的火山凝灰岩,发育面状平行层理、低角度板状交错层理、逆行沙波层理等火山沉积构造^[2]。基浪堆积物的典型指相物质为球粒状增生火山砾^[4]。热基浪亚相在相序上通常位于空落亚相的上部,热碎屑流亚相下部。

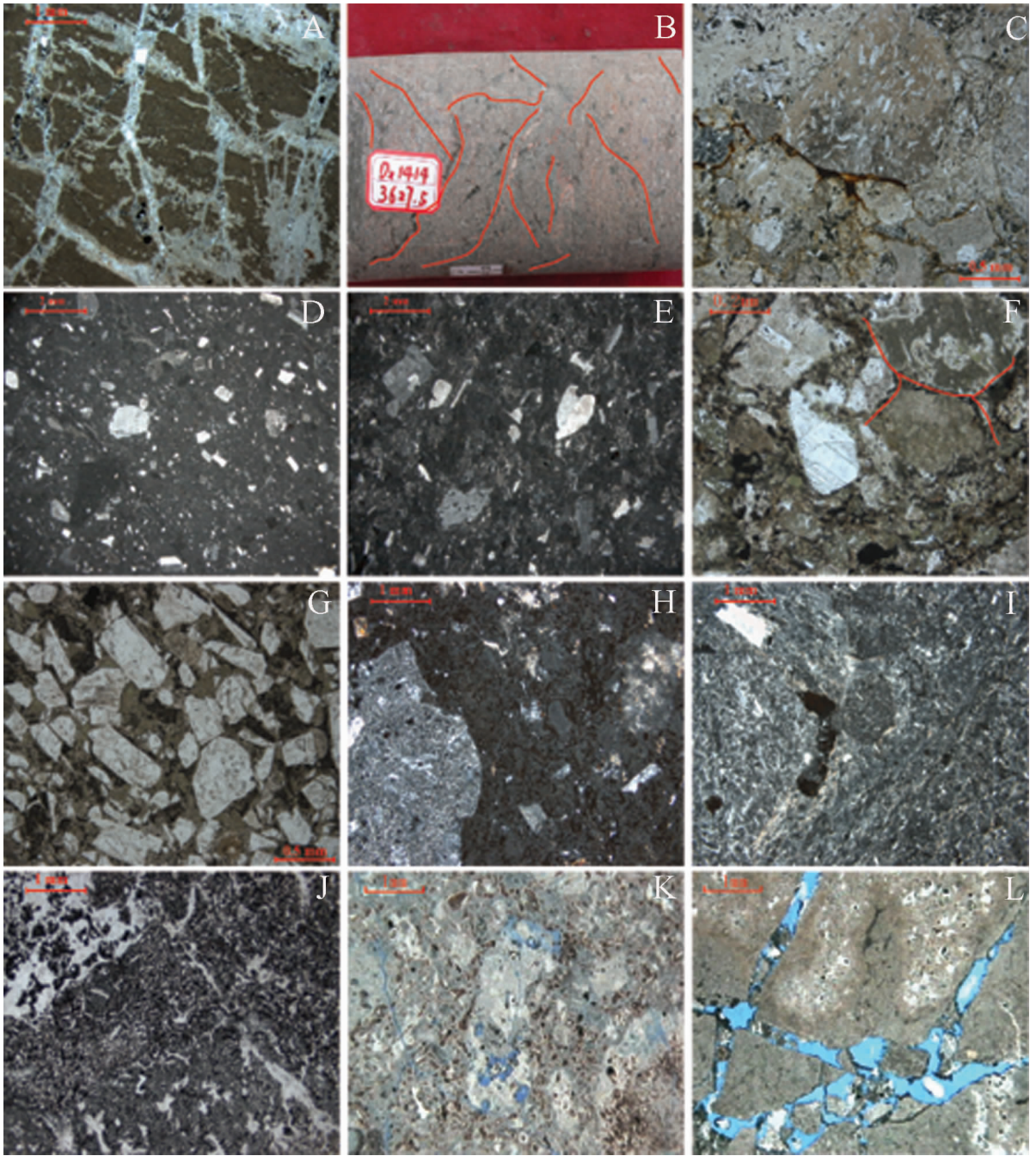
滴西 14 井区中 Dx1414 井发育火山碎屑岩,具有以下特征:

(1)Dx1414-3689.95 m,晶屑岩屑凝灰岩。镜下薄片显示岩屑晶屑均存在。可见卡氏双晶发育的钾长石晶屑和板条状斜长石晶屑,含量在 10%左右;岩屑主要为火山凝灰,含量 15%左右;岩屑和晶屑半定向排列,局部次圆状-次棱角状。表明凝灰岩在形成过程中经过一定距离的搬运作用(图版 I-D)。

(2)Dx1414-3699.73 m,含角砾玻屑晶屑凝灰岩。镜下薄片显示玻屑呈树枝状、月牙状等不规则形态,含量在 20%左右。大量的玻屑反映岩浆的快速冷凝,暗示凝灰岩在形成中可能经历遇水淬火的过程。晶屑主要为斜长石、石英和透长石,含量在 10%左右。晶屑玻屑具有半定向排列的趋势,反映凝灰岩可能受重力分选和压实作用的影响(图版 I-E)。

(3)Dx1414-3730.4 m,晶屑岩屑凝灰岩。镜下显示岩屑和晶屑均存在。岩屑成分主要为安山质熔岩和凝灰岩,含量在 40%左右,安山质熔岩岩屑中可见自形斜长石斑晶,基质为隐晶质。晶屑可见局部破碎现象,含量在 10%左右。镜下粒径较大的岩屑、晶屑呈线性接触关系,说明岩石曾受到压实作用的影响(图版 I-F)。

(4)Dx1414-3734.43 m,含角砾粗面质晶屑凝灰岩。镜下显示自形程度较好的晶屑呈定向排列,主



图版 I 准格尔盆地克拉美丽气田滴西地区石炭系爆发相火山岩岩石类型

A—粗面质凝灰岩,滴西 10 井,3026.33 m,单偏光;B—粗面质火山角砾岩,Dx1414 井,3627.5 m,岩心照片;C—粗面质凝灰岩角砾岩,Dx1414 井,3730.44 m,单偏光;D—晶屑岩屑凝灰岩,Dx1414 井,3689.95 m,正交偏光;E—含角砾玻屑晶屑凝灰岩,Dx1414 井,3699.73 m,正交偏光;F—岩屑晶屑凝灰岩,Dx1414 井,3730.4m,单偏光;G—含角砾粗面质晶屑凝灰岩,Dx1414 井,3734.43 m,单偏光;H—含角砾玻屑熔结凝灰岩,滴西 14 井,3602.59 m,正交偏光;I—粗面质熔结角砾岩,滴西 14 井,3839.70m,正交偏光;J—粗面质熔结角砾岩,滴西 403 井,3677.29 m,正交偏光;K—含角砾玻屑熔结凝灰岩,滴西 14 井,3668.20m,铸体薄片;L—粗面质凝灰岩,滴西 10 井,3028.11 m,铸体薄片

Plate I Types of Carboniferous explosive facies volcanic rocks in Kelameili Dixi area of Junggar basin

A—Trachytic tuff, Dixi 10 well, 3026.33m, plainlight; B—Trachytic volcanic breccia , Dx1414 well, 3627.5m, photograph of rock core; C—Trachytic tuff-breccia, Dx1414 well, 3730.44m, plainlight; D—Crystal-debris tuff, Dx1414 well, 3689.95m, crossed nicols; E—Breccia-bearing vitric crystal stuff, Dx1414 well, 3699.73m, crossed nicols; F—Lithic crystal tuff, Dx1414, 3730.4m, plainlight; G—Breccia-bearing trachytic crystal tuff , Dx1414 well , 3734.43m, plainlight; H—Breccia-bearing vitric ignimbrite, Dx14 well, 3602.59m, crossed nicols; I—Trachytic welded breccia, Dx14 well, 3839.70, crossed nicols; J—Trachytic welded breccia, Dx403 well, 3677.29m, crossed nicols; K—Breccia-bearing vitric ignimbrite, Dx14 well, 3668.20m, casting thin section; L—Trachytic tuff , Dx10 well, 3028.11m, casting thin section

要为板条状斜长石,含量在 70%左右。晶屑多呈次棱角状且定向排列趋势明显,反映形成过程中经过一定距离的搬运和分选,由于颗粒间的碰撞摩擦,晶屑的棱角受到一定程度的磨蚀而使圆度变好。与 D_x1414-3730.4 m 附近的岩石相比,下部的晶屑和岩屑粒度略粗,显示出重力分选局部富集的热基浪搬运特点(图版 I-G)。

根据热基浪亚相的识别标志,判断滴西 14 井区 D_x1414 井附近,从 3689 m 到 3730.8 m 附近可能为爆发相的热基浪亚相堆积。

2.3.3 热碎屑流亚相

热碎屑流亚相是含挥发分的炽热碎屑-浆屑混合物,在后续推动物的推动和自身重力共同作用下沿地表流动,经熔浆冷凝胶结和压实作用而成。热碎屑流亚相主要发育含晶屑、玻屑、岩屑的熔结凝灰岩和熔结角砾岩。具有熔结凝灰结构和火山碎屑结构,块状构造、似流动构造,发育正粒序和逆粒序,具有火山玻璃质定向,基质支撑的特点^[9]。热碎屑流亚相主要出现在火山旋回的早期,多见于爆发相的上部。

滴西 14 井区的滴西 14 井发育火山碎屑岩,其特征如下:

(1)滴西 14-3602.59 m,含角砾玻屑熔结凝灰岩。镜下显示角砾为刚性粗面质熔岩角砾,主要为棱角状,少数呈次棱角状,角砾成分与岩浆成分不同,为早期冷凝的围岩炸裂后被后期岩浆焊接形成。镜下可见大量呈拉长状、压扁状、火焰状、撕裂状的塑性玻屑和岩屑,具有定向排列的特点,显示出似流动构造的特点(图版 I-H)。

(2)滴西 14-3839.70 m,粗面质熔结角砾岩。镜下显示角砾主要为次圆状的中性熔岩角砾,含量在 80%左右,角砾边缘因氧化形成黑褐色暗化边。角砾被熔浆胶结,可见塑性变形和似流动的特点,中等熔结结构。原生气孔被后期不透明矿物充填,暗示熔结角砾岩形成时炽热的碎屑-浆屑混合物中含有大量的挥发组分(图版 I-I)。

根据热碎屑流亚相的识别标志,认为滴西 14 井 3602.59 m 附近的含角砾玻屑熔结凝灰岩和 3839.70 m 附近的粗面质熔结角砾岩为热碎屑流堆积,应属于爆发相热碎屑流亚相。

2.3.4 溅落亚相

溅落亚相是火山碎屑岩向火山熔岩的过渡类型,是在火山口附近岩浆上涌时,携带的围岩物质以

及熔浆本身物质就近坠落堆积而成。代表岩性主要为角砾熔岩、凝灰熔岩、熔结角砾岩。

滴西 14 井区滴西 403 井发育的熔结角砾岩,其特征如下:

(1)滴西 403-3677.29 m,粗面质熔结角砾岩。镜下显示内部发育大量板条状斜长石微晶的尖棱角状中性角砾,含量 70%左右,角砾间主要由同成分的熔岩胶结,部分胶结物在成岩作用过程中被溶蚀,次生孔隙中充填低温矿物。此处的熔结角砾岩以角砾含量多且未发生磨蚀作用与热碎屑流亚相相区别(图版 I-J)。

根据溅落亚相的识别标志,认为滴西 403 井 3677 m 附近发育爆发相的溅落亚相。

2.4 测井曲线特征

根据岩心观察和镜下岩心薄片鉴定,结合测井曲线,识别取心段不同爆发相亚相的测井曲线特征(图 2),根据特征来限定和划分未取心井段爆发相及其亚相在单井上的位置,以此来计算爆发相在单井上发育的厚度。研究发现,D_x1414 井的岩心以爆发相的凝灰岩为主,火山角砾岩较少。爆发相的声波时差、补偿密度和电阻率曲线都呈锯齿状变化,但是各亚相内曲线值变化范围较小。就爆发相各亚相相比而言,溅落亚相具有低 CN、高 DEN、高 AC、低 RT 的特征;热碎屑流亚相具有低 CN、低 DEN、高 AC、低 RT 的特征;热基浪亚相具有高 CN、低 DEN、高 AC、高 RT 的特征;空落亚相(以火山凝灰岩为主)具有低 CN、高 DEN、低 AC、高 RT 的特征;空落亚相(以火山角砾岩为主)高 CN、高 DEN、高 AC、高 RT 的特征。滴西 D_x1414 井爆发相主要发育在 3605~3670 m 和 3740~3850 m 附近深度范围内,中间夹杂少量火山沉积相和溢流相。

2.5 爆发相储集体空间类型及控制因素

滴西地区爆发相的储集空间主要为次生孔隙,除火山角砾岩外,其他火山碎屑岩的原生孔隙不发育。次生孔隙主要包括基质溶孔、粒内溶孔、构造裂缝和溶蚀缝等主要类型。一般说来,不同的火山岩相及其在火山机构中的不同位置,决定了火山岩储集层具有不同的物性^[13]。通过对滴西 10 井区和滴西 14 井区 105 个爆发相样品的物性数据进行统计分析发现,爆发相各亚相的平均有效孔隙度相差不大,平均渗透率的值变化较大,以热碎屑流亚相储集物性最好,为较高孔低渗性储层(表 2)。

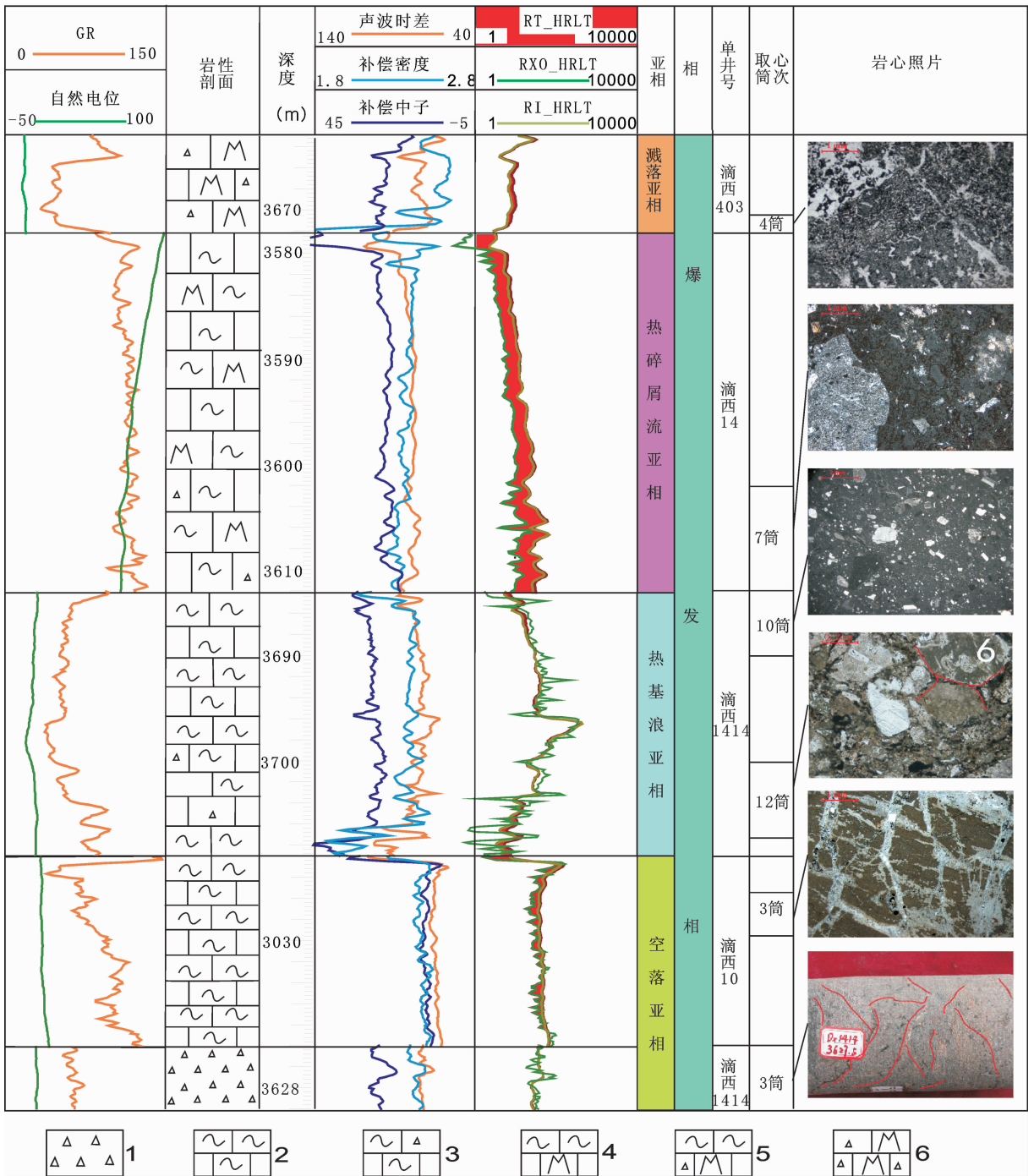


图 2 滴西地区石炭系火山岩爆发相各亚相测井响应特征

1—火山角砾岩;2—凝灰岩;3—含角砾火山凝灰岩;4—熔结凝灰岩;5—含角砾熔结凝灰岩;6—熔结角砾岩

Fig.2 Sub-facies logging response characteristics of volcanic explosive facies of Carboniferous volcanic rocks in Dixi areas

1- Volcanic breccias; 2-Tuff; 3-Breccia-bearing volcanic tuff; 4-Welded tuff; 5-Breccia-bearing welded tuff; 6-Welded breccias

3 讨论

(1)爆发相火山岩不同亚相的储集特点:
火山岩爆发相岩性以火山碎屑岩为主,包括火

山角砾岩、火山凝灰岩、熔结凝灰岩和熔结角砾岩等主要类型。空落亚相的各类岩石在火山喷发和后期成岩演化过程中,由于碎屑结构和碎屑硬度的不同,压实作用对火山角砾岩的原生孔隙的影响一般小于

表 2 滴西 10 井区和滴西 14 井区爆发相各亚相物性指标

Table 2 Porosity and permeability of each sub-facies of explosive facies in Dixi 10 and 14 well areas

| 相 | 亚相 | 孔隙度/% | | | 渗透率/md | | | 综合结果 |
|-----|--------|-------|------|-------|--------|------|-------|-------|
| | | 最小 | 最大 | 平均 | 最小 | 最大 | 平均 | |
| 爆发相 | 空落亚相 | 1.8 | 14.6 | 9.50 | <0.01 | 5.42 | 0.88 | 中孔特低渗 |
| | 热基浪亚相 | 0.8 | 14.6 | 8.40 | <0.01 | 77 | 4.32 | 中孔低渗 |
| | 热碎屑流亚相 | 0.9 | 20.2 | 10.93 | <0.01 | 64.8 | 9.41 | 较高孔低渗 |
| | 溅落亚相 | - | - | 9.9 | - | - | 0.263 | 中孔特低渗 |

火山凝灰岩。刚性角砾抵抗压力变形的能力强,一定程度上使原生砾间孔得以保存。凝灰级粒度的火山碎屑在上覆压力作用下很容易变得结构致密,原生孔隙破坏显著。热基浪亚相通常经历了一定距离的搬运,空间上远离火山口,碎屑物产生一定的分选、磨圆和压实,原生孔隙与热碎屑流亚相相比稍差。后期溶蚀作用的强度取决于岩相与火山通道距离的远近和构造裂隙的发育程度,构造裂隙相对发育且近火山口的热基浪亚相火山岩也可能具备发育好储层的条件。热碎屑流亚相的岩石由于富含挥发组分,其原生孔隙一般相对较好。由于大量的熔浆胶结火山岩碎屑,压实作用对其影响一般不明显,后期成岩作用中流体交代蚀变和构造裂隙的发育,直接决定了储集空间的发育数量和发育特点。溅落亚相通常位于火山口附近,岩石的主要结构组分为火山集块、火山角砾和少量熔浆,碎屑多呈塑性变形且以熔结作用相互粘结,原生孔隙受碎屑颗粒粒度和熔结程度的制约。碎屑粒径差别大且熔结程度低,原生孔隙发育,反之,原生孔隙不甚发育。溅落亚相位于火山口附近的分布,决定了次生孔隙受火山通道及岩浆期后热液作用、成岩作用的影响,热液蚀变强烈且火山爆发强度大,次生孔隙越发育。

(2) 滴西地区爆发相火山岩产能特点分析

对比滴西地区完井测试结果,滴西 10 井 3024~3048 m 附近致密的粗面质凝灰岩为空落亚相,发育日产 $3.0 \times 10^5 \text{ m}^3$ 的工业气层;Dx1414 井 3636~3644 m 附近的火山角砾岩同样为空落亚相,并未发育成工业气层。分析发现,虽然粗面质凝灰岩远离火山口且压实作用强烈,但是由于后期构造作用的强烈改造,凝灰岩内部不同期次、不同方向的构造裂隙一定程度上增加了凝灰岩的储集空间(图版 I-L),提高了凝灰岩的渗透能力,有利于流体溶蚀作用的发生,使原生孔隙很不发育的火山凝灰岩在构造作用影响下演变成优质储集体。然而,火山角砾岩的原生砾间

孔虽然受压实作用影响较弱,但是,如果砾间孔隙被次生矿物充填,火山岩的储集性能显著减小。

上述实例说明,在构造作用和溶蚀作用的参与下,爆发相空落亚相的火山凝灰岩可以成为性能优于火山角砾岩的储层。

同样,滴西 14 井 3652~3674 m 附近是以熔结凝灰岩为主的热碎屑流亚相,属于日产 $1.76 \times 10^5 \text{ m}^3$ 的工业气层。除了岩石中原有挥发组分形成的原生气孔外,在成岩过程中,大量的塑性玻屑等不稳定成分易发生溶蚀作用,形成一定数量的粒内溶孔和基质内溶蚀孔(如图版 I-K),进一步增加了熔结凝灰岩的储集空间,也是爆发相的热碎屑流亚相发育成优质储集体的重要因素。

4 结 论

(1) 参照前人对爆发相的研究成果,判定新疆克拉美丽滴西 10 井区和滴西 14 井区火山岩以爆发相为主,共分出空落亚相、热基浪亚相、热碎屑流亚相和溅落亚相 4 个亚相。

(2) 不同亚相具有各自的识别标志和测井曲线特征。克拉美丽滴西 10 井区和滴西 14 井区的爆发相空间上变化快,单井上发育的相对位置和厚度规律性差,取心段明显的空落亚相主要发育在滴西 10 井 3023~3081 m 附近,溅落亚相主要发育在滴西 10 井 3081~3099 m 附近,热基浪亚相主要发育在滴西 1414 井 3683~3734 m 附近,热碎屑流亚相主要发育在滴西 14 井 3580~3771 m 附近。

(3) 岩相研究与产能对比查明,火山角砾岩和熔结角砾岩原生孔隙相对发育,自身具备形成良好储集体的条件。热基浪亚相、热碎屑流亚相和溅落亚相火山碎屑岩,与结构致密的空落亚相凝灰岩,能否形成优质储层,取决于断裂构造的发育程度和成岩过程中溶蚀作用的强度。这种认识对于致密火山碎屑岩覆盖区油气勘探具有重要的参考意义。

参考文献(References):

- [1] 罗静兰, 邵红梅, 张成立. 火山岩油气藏研究方法方法与勘探技术综述[J]. 石油学报, 2003, 24(1):31-38.
Luo Jinglan, Shao Hongmei, Zhang Chengli. Summary of research methods and exploration technologies for volcanic reservoirs[J]. Acta Petrologica Sinica, 2003, 24 (1):31-38 (in Chinese with English abstract).
- [2] 王璞珺, 迟元林, 刘万洙, 等. 松辽盆地火山岩相: 类型、特征和储层意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(4):449-456.
Wang Pujun, Chi Yuanlin, Liu Wanzhu, et al. Volcanic facies of Songliao basin: classification, characteristics and reservoir significance [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2003, 33(4): 449-456(in Chinese with English abstract).
- [3] 王璞珺, 吴河勇, 庞颜明, 等. 松辽盆地火山岩相: 相序、相模式与储层物性的定量关系 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2006, 36 (5):805-812.
Wang Pujun, Wu Heyong, Pang Yanming, et al. Volcanic facies of the Songliao basin: sequence, model and the quantitative relationship with porosity & permeability of the Volcanic reservoir [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(5): 805-812(in Chinese with English abstract).
- [4] 吴庆福. 准噶尔盆地构造演化与找油领域 [J]. 新疆地质, 1986, 4 (3):1-19.
Wu Qingfu. Structural evolution and prospects of Junggar basin [J]. Xinjiang Geology, 1986, 4(3): 1-19(in Chinese with English abstract).
- [5] 熊益学, 郗爱华, 冉启全. 滴南凸起区石炭系火山岩岩性特征及其意义[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(6):62-68.
Xiong Yixue, Xi Aihua, Ran Qiquan. Characteristics and significance of carboniferous volcanic rocks in Dinan uplift [J]. Lithologic Reservoirs, 2011, 23(6):62-68(in Chinese with English abstract).
- [6] 曲国胜, 马宗晋, 鲁兵, 等. 陆梁隆起构造演化与油气聚集规律[J]. 新疆石油地质, 2008, 29(2):138-142.
Qu Guosheng, Ma Zongjin, Lu Bing, et al. Structural evolution and petroleum accumulation in Luliang uplift, Junggar basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(2):138-142(in Chinese with English abstract).
- [7] 张立伟, 李江海, 于浩业, 等. 东准噶尔滴西地区石炭系火成岩岩相特征及分布预测[J]. 岩石学报, 2010, 026(01):263-273.
Zhang Liwei, Li Jianghai, Yu Haoye, et al. Characteristics and distribution prediction of lithofacies of Carboniferous igneous rocks in Dixi area, East Junggar [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 026(01): 263-273(in Chinese with English abstract).
- [8] 陶奎元. 火山岩相构造学[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1994: 12-31.
Tao Kuiyuan. Structure and Facies of Volcanic Rocks[M]. Nanjing: Jiangsu Science & Technology Press, 1994:12-31(in Chinese).
- [9] 邱家骧, 陶奎元, 赵俊磊, 等. 火山岩 [M]. 北京: 地质出版社, 1996:10-22.
Qiu Jiayang, Tao Kuiyuan, Zhao Junlei, et al. Volcanic Rocks[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996:10-22(in Chinese).
- [10] 谢家莹, 陶奎元. 中国东南大陆中生代火山地质及火山-侵入杂岩[M]. 北京: 地质出版社, 1996:40-71.
Xie Jiaying, Tao Kuiyuan. Volcanic Geology of the South Eastern Continent of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996: 40-71(in Chinese).
- [11] 刘祥, 向天元. 中国东北地区新生代火山和火山碎屑堆积物资源与灾害[M]. 长春: 吉林大学出版社, 1997:1-8.
Liu Xiang, Xiang Tianyuan. Genozoic Volcanoes and Pyroclastic Deposits in Northeastern China Resources and Hazard [M]. Changchun: Jilin University Press, 1997:1-8(in Chinese).
- [12] 谢家莹, 蓝善先, 张德宝, 等. 运用火山地质学理论研究竹田头火山机构[J]. 火山地质与矿产, 2000, 21(2): 87-95.
Xie Jiaying, Lan Shanxian, Zhang Debao, et al. Volcanic assemblage of the Xujiaweizi volcanic rocks of the Songliao basin [J]. Earth Sciences Frontiers, 2000, 7(4): 381-389(in Chinese with English abstract).
- [13] 邓玉胜, 王蕴, 朱桂生, 等. 松辽盆地南部长岭断陷火成岩特征及其对油气藏的控制[J]. 中国石油勘探, 2003, 8(3):31-37.
Deng Yusheng, Wang Yun, Zhu Guisheng, et al. The condition of large lithological and stratigraphical overlap reservoir formation in the west slop of the South of Songliao basin [J]. China Petroleum Exploration, 2003, 8(3):31-37(in Chinese with English abstract).
- [14] 刘招君, 苗巧银, 刘祥. 基浪堆积物(岩)地质特征及其地质意义 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1):11-18.
Liu Zhaojun, Miao Qiaoyin, Liu Xiang, et al. Geological features and significance of base-surge deposits [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(1): 11-18(in Chinese with English abstract).
- [15] 边伟华. 准噶尔盆地巴塔玛依内山组火山岩储层地质学研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2011:1-95.
Bian Weihua. Volcanic Reservoir Geological Characterization of the Batamayineishan Formation in Junggar Basin [D]. Changchun: Jilin University, 2011:1-95(in Chinese with English abstract).

Characteristics of volcanic explosive facies and factors influencing reservoir performance in Dixi area, Junggar Basin

YUAN Dan¹, XI Ai-hua¹, LIU Wen², XIONG Yi-xue¹, ZHOU Hui¹, LIU Jiang-yu¹

(1. Department of Resource and Environment, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, Sichuan, China; 2. PetroChina Changqing Oilfield Company, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 3. PetroChina Tarim oilfield company, Kuerle 841000, Xinjiang, China)

Abstract: The explosive facies volcanic rock is a combination of different forms of pyroclastic materials. According to the classifications and the combinations of the pyroclastic materials, the explosive facies can be divided into airfall, thermal base surge, thermal debris flow and splash sub-facies. Each sub-facies has its own unique discrimination criteria. Studies show that the lithology is complex and the explosive facies volcanic rocks are mainly distributed in Dixi 10 and 14 well areas in Kelameili Dixi area, as evidenced by the observation of volcanic rocks core, ordinary thin section and casting thin section as well as the analysis of logging data. The lithology is dominated by volcanic tuff, volcanic breccia, ignimbrite and welded volcanic breccia. The reservoir space of explosive facies is characterized by matrix solution pores, intragranular solution pores, structural fractures and dissolution fissure. The ignimbrite-dominated thermal debris flow sub-facies and volcanic tuff-dominated airfall sub-facies are the high-quality well-developed reservoir sites among all sub-facies. The tectonism and the dissolution of fluid are the main factors for the reservoir. The results of the study will provide a reference for the judgement of a volcanic rock reservoir as to whether it is a valuable reservoir or not in the similar area.

Key words: volcanic rocks reservoir; explosive facies; Carboniferous volcanic rocks; Kelameili gas field; Junggar basin

About the first author: YUAN Dan, female, born in 1985, master candidate, majors in mineralogy, petrology and mineral deposits; E-mail: yuandan0810@163.com.