

徐家围子断陷火山岩赋存型式及意义*

程日辉¹, 刘万洙¹, 王璞琚¹, 单玄龙¹, 陈树民², 曲永保²

(1. 吉林大学地球科学学院, 吉林长春 130061; 2. 大庆油田股份有限公司, 黑龙江大庆 163712)

摘要: 晚侏罗世- 早白垩世是松辽盆地徐家围子断陷火山岩喷发的主要时期, 其赋存型式具有一定的几何学特征, 根据火山岩喷发的构造位置与其在盆地内赋存的几何学样式, 可以识别出火山岩在上升盘喷发、沿断裂带喷发和在下降盘喷发 3 种赋存型式。不同的赋存型式往往对应不同的盆地单元构造样式, 沿断裂面赋存的火山岩向盆地逐渐过渡为湖底扇- 浊积扇; 赋存于上升盘的火山岩则与沉积岩互层分布; 下降盘赋存的火山岩多被细粒沉积物所覆盖。

关键词: 火山岩; 断裂; 赋存型式; 盆地充填; 松辽盆地

第一作者简介: 陈日辉, 男, 39 岁, 副教授(博士后), 沉积与石油地质学

中图分类号: TE112. 21

文献标识码: A

因地震资料的三维性以及盆内火山岩因覆盖而具有良好的保存性, 所以从地震反射资料可以识别出许多有别于露头火山岩的特殊信息。盆内火山岩是断陷盆地的主要充填物质之一, 其几何形态受盆地构造几何学的影响与控制, 类似于陆源碎屑岩沉积型式受盆缘断裂、断阶带和断层联结的控制^[1~4]。然而盆内火山岩的赋存样式也会改造盆地底面形态、水动力条件和古地理分区, 影响与控制沉积物的盆地充填。

1 赋存型式

松辽盆地北部的徐家围子断陷在晚侏罗世- 早白垩世(155~ 120 Ma^[5]) 充填了大量的火山熔岩和火山碎屑岩。火山岩所赋存的地层(主要是火石岭组、沙河子组和营城组) 现埋深为 2 500~ 4 000 m^[5], 因此深探井资料和地震反射剖面是分析火山岩赋存型式的主要资料。

根据有井约束的地震剖面解释, 徐家围子断陷营城组火山岩多以楔状和丘状的型式赋存。火山岩体的赋存型式与断裂的空间关系有 3 种情况: (1) 火山岩在断裂上升盘和下降盘均发育, 在上升盘或以丘状或以板状(或层状) 体存在, 尖灭端指向盆缘或剥蚀区方向, 即上升盘的远离断裂面方向, 而在下降盘火山岩体以楔形体存在; (2) 火山岩沿断裂在下降盘上以楔形体存在, 楔形体的尖灭端或收敛端指向盆地内部, 即下降盘的远

离断裂面方向; (3) 火山岩体在断裂的下降盘以丘状体存在, 存在两个尖灭方向。在地震剖面上识别出的火山岩体以前两者居多, 后者较少。由于次级别断层的存在和断阶带的发育, 徐家围子断陷火山岩体实际赋存情况要比上述 3 种型式复杂得多, 但基本上是上述 3 种基本型式的复合。通过对深探井所钻遇的火山岩岩石类型、岩相和火山机构的分析, 可以推断或判定火山口的位置, 由此可以推测火山岩喷发与盆地构造样式的关系。结合火山岩的喷发位置与火山岩的赋存状态, 可以得出 3 种赋存型式模型(图 1)。

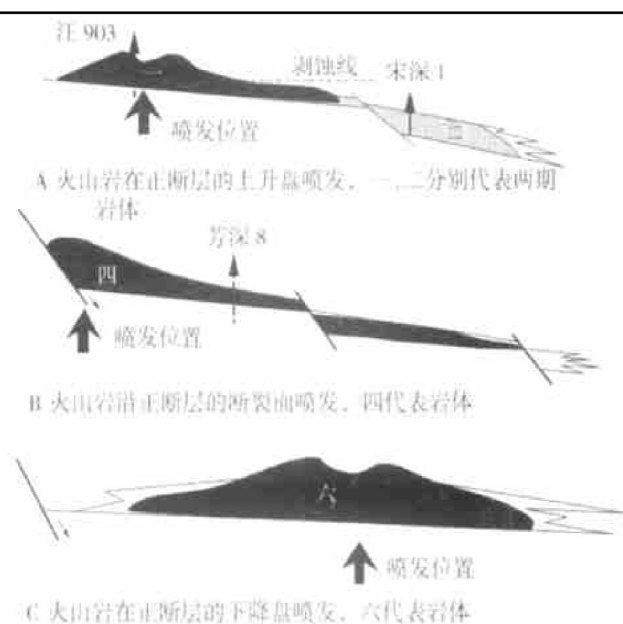


图 1 徐家围子断陷火山岩喷发- 赋存型式
Fig. 1 Eruption - occurrence patterns of volcanic rocks
in Xujiaweizi fault- depression

* 国家自然科学基金项目(49672124 及 4984190- 13) 资助
收稿日期: 2002- 09- 25

1.1 上升盘

火山物质在断裂的上升盘并靠近断裂面处喷发,沿上升盘运动一段距离后顺断裂面而下,堆积在断裂的下降盘;在火山口的另一侧则堆积在上升盘上。在上升盘上火山岩以丘状或透镜体赋存,而在下降盘上火山岩以楔形体赋存。随后的火山喷发物质可以直接进入下降盘堆积,如果存在断阶带则可以通过断阶带被带到下一个下降盘上堆积。最后主断层上升盘上发育的火山锥大部分被剥蚀(残余部分或以板状或以透镜状赋存),在第二个下降盘以火山碎屑沉积物的形式堆积,或随断裂继续活动或盆地整体沉降而部分保留。

徐家围子地区北部剥蚀区之东的一号火山岩体以新月状大体南北展布,新月凹处与剥蚀区凸处吻合。在火山岩体一侧发育有走向近南北倾向东的断裂,火山岩体位于断裂的上升盘,是在高处喷发的。由于上升盘整体向东倾斜,因此火山岩体沿斜坡向东部断陷充填。推测火山口可能位于剥蚀区内,现已被剥蚀(图2)。根据汪903井分析,其火山机构属于锥状。向盆地方向火山物质与沉积物互层。与一号火山岩体在平面上伴生的二号岩体早于一号岩体发育,但发育机制一致,在断层的上升盘喷发,赋存在东部断陷中。由于远离火山口,其火山机构为层状,即火山微相以层状产出。在前方与正常沉积物互层。

1.2 断裂面

火山物质沿断裂面在地层中喷发,火山熔岩和火山碎屑首先堆积在主断裂的下降盘,以楔形体赋存。在有次级断裂发育的情况下,火山物质可以通过断阶带在下一个次级断裂的下降盘堆积。随后的火山喷发物质堆积在主断层的两盘之上,而且也通过断阶带被带到下一个下降盘上堆积。主断裂上升盘的火山岩以丘状或透镜状或板状赋存,主断裂下降盘(包括断阶带)的火山岩以复杂的楔形体赋存。断裂面上端发育的火山锥或被剥蚀,或随断层继续活动而部分保留,或随盆地整体沉降而全部保留。

发育在剥蚀区之东的四号火山岩体以正断层接触,断层倾向西南,走向北东,成为盆缘断裂(图2)。在盆缘斜坡上发育两条级别较小的正断层,倾向及走向与主断层是一致的。这些系列断层在盆地的边缘构成了一个断阶带,发育有三级断阶,控制盆地基底地形及火山岩体和沉积物的充填。由于断阶的存在,火山物质顺势而下,赋存在断阶带上。在断层附近的火山机构为锥状或盾状,而在断阶带上,尤其是最后的断阶带上,火山岩的火山机构过渡为层状。在断阶带上火山物质与沉积物互层。

1.3 下降盘

火山物质在断裂下降盘上喷发,原地堆积在断裂的下降盘,随后被正常沉积物所覆盖而得以保存。如果在下倾方向发育有次级断裂,其赋存状况同火山岩在上升盘赋存的型式一致。

在盆地的底部发育的六号火山岩体内无断层发育,平面上呈圆状,剖面上为丘状或透镜状,下平而上凸,火山机构属于锥状。由于这种类型发育的火山岩体位于盆地的内部,起到分割水体和分割地理格局的作用,因此有两个方向与正常沉积岩过渡。在上翘方向往往与粗碎屑互层或相变,而在下倾方向则与细碎屑互层或相变。

徐家围子断陷中的许多火山岩体往往是上述3种类型的复合形式。如十号岩体就属于这种复合类型,可能包括两个以上的火山喷发地点,沿断裂喷发和在断裂下降盘喷发。

2 意义

显然,断裂构造活动是断陷或裂谷盆地形成和盆地内地形变化的直接动力。火山活动或伴随



图2 徐家围子断陷营城组部分火山岩体与断裂分布示意图(根据大庆油田资料)

Fig. 2 Schematic map showing distribution of volcanic massifs and faults in Yingcheng Fm. in Xujiaweizi fault-depression

断裂活动或引发断裂活动,始终是改变盆地地形的动力控制因素之一。火山岩不仅是盆地充填主体之一,而且可以快速改变地形,使盆地中水动力条件改变(水位和地理格局变化),盆地充填的沉积型式也随之变化,因此形成火山-沉积二元结构。火山岩喷发-赋存型式的识别与分析的意义不仅在于了解火山岩喷发、堆积与在盆地中赋存的动力过程,而且通过其不同的赋存几何学分析沉积地形的快速变化,推断水动力条件的变化和预测沉积体的沉积型式。这在解译地震反射资料、勘探盆地地层与沉积相方面十分重要。因此火山岩喷发-赋存型式成为分析盆地充填结构,了解盆地充填动力过程的关键。

徐家围子断陷晚侏罗世-早白垩世的火山岩发育在不同的层序和层序的不同体系域中,现以营城组下部层序低位期发育火山岩的实例,说明火山岩喷发-赋存型式对沉积型式和层序结构的影响与控制。

(1) 沿断裂面赋存型式与层序发育。在层序发育过程的低位早期出现火山物质沿盆缘主断裂喷发,并以如图1B所示的样式赋存,整个火山岩体占据了层序充填的最底部的位置,以楔形体产出,称为火山岩楔。由于断阶的存在,火山岩楔可能被分割为两个或两个以上的部分。火山物质的快速充填往往使低位冲积扇(盆底扇)和低位进积体(斜坡扇)的发育相对滞后。向盆地中心相带过渡为扇三角洲、湖底扇或浊积扇以及湖泊沉积。这些沉积体均部分或全部以火山物质为物源,可以同海相盆地以扇三角洲为物源的浊积体相类比^[6]。在低位晚期出现火山物质沿盆缘断裂喷发,往往发育在低位扇和斜坡扇之上,使之遭到侵蚀破坏以至终止发育。这种火山岩体也以火山岩楔存在。火山喷发的断裂活动使盆地强烈拉张,水体注入速度加快,发生湖侵。同时由于位于盆缘火山口高地的阻挡,其他物源减少,通常在盆缘形成以火山物质为物源的扇三角洲,由于断阶的发育,向盆内相带过渡为湖底扇-浊积扇和湖泊沉积。

(2) 上升盘-赋存型式与层序发育。火山在断裂的上升盘喷发(图1A),反映出火山活动与断裂形成的因果关系可能与上述火山沿断裂面喷发的情况不同,前者是伴随火山喷发而在火山两侧

形成断裂,后者是伴随断裂活动而火山喷发。该背景发育的层序与火山岩沿断裂喷发的层序特点相似,不同的是:①低位早期的火山岩比例较大;②水流和沉积作用的因素增加;③沉积岩与火山岩互层分布广泛。

(3) 下降盘赋存型式与层序发育。火山在断裂下降盘喷发(图1C),可能是主体火山(系)的分支作用所为,相比规模较小。由于属于盆内喷发,火山岩体以丘状或透镜状赋存,成为盆内凸起,向盆地内部方向如果有断阶发育的情况下,充填的样式与火山在上升盘喷发的一致。但由于火山岩体的阻断作用,同时又处于盆地内部,碎屑供应不足,在前方火山岩(多为凝灰岩)常与泥岩互层。而向盆缘方向的火山岩常与粗粒沉积物互层。火山岩发育在低位期,往往被水进期细粒沉积物覆盖。

3 结论

(1) 松辽盆地徐家围子断陷晚侏罗世-早白垩世火山岩喷发-赋存型式为3种类型:即火山岩在上升盘喷发-赋存型式、火山岩沿断裂喷发-赋存型式和火山岩在下降盘喷发-赋存型式。

(2) 火山岩喷发-赋存型式可以影响和控制盆地充填结构或层序结构。

(3) 火山岩喷发-赋存型式是分析盆地充填结构,了解盆地充填动力过程的关键。

参考文献

- 1 Magnavita L P, Hercules T F, da Silva T E. Rift border system: the interplay between tectonics and sedimentation in the Reconcavo Basin, Northeastern Brazil[J]. AAPG Bull, 1995, 79(11): 1 590~ 1 607
- 2 Ravnas R, Steel R J. Architecture of marine rift-basin successions[J]. AAPG Bull, 1998, 82(1): 110~ 146
- 3 Dawer N H, Underhill J R. The role of fault interaction and linkage in controlling synrift stratigraphic sequences: Late Jurassic, Statfjord East Area, Northern North Sea[J]. AAPG Bull, 2000, 84(1): 45~ 60
- 4 程日辉, 郑和荣, 林畅松. 构造断阶与砂体预测: 以沾化凹陷富林地区为例[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 203~ 206
- 5 迟元林, 王璞珊, 单玄龙, 等. 中国陆相含油气盆地深层地层研究[M]. 长春: 吉林科技出版社, 2000
- 6 Galloway W E. Siliciclastic slope and base-of-slope depositional system: component facies, stratigraphic architecture and classification[J]. AAPG Bull, 1998, 82(4): 569~ 595

OCCURRENCES OF VOLCANIC ROCKS IN XUJIAWEIZI FAULT- DEPRESSION AND THEIR SIGNIFICANCE

Cheng Rihui¹ Liu Wanzhu¹ Shan Xuanlong¹ Chen Shuming² Qu Yongbao²

(1. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, Jilin;*

2. *Daqing Oilfield Company, CNPC, Daqing, Heilongjiang*)

Abstract: The volcanic rocks in Xujiaweizi fault- depression, Songliao basin, was mainly erupted in Late Jurassic to Early Cretaceous. Their occurrences are characterized by a certain geometric pattern. On the basis of the structural position of volcanic eruption and the occurrences in the basin, three types of eruption have been identified, including eruption on the upthrown side of fault, along fracture belt and on downthrown side. Different occurrences are often corresponding to different basin structures. The volcanic rocks occurring along fault plane would transit gradually to sublacustrine fan—turbidite fan; the volcanic rocks occurring on the upthrown side of fault would distribute in the manner of alternating beds of volcanic rocks and sandstones; the volcanic rocks occurring on the downthrown side have mostly been covered by fine grain sediments.

Key words: volcanic rock; fault; occurrences; basin filling; Songliao basin

(Continued from Page 23)

explosive facies, which might be resulted from fast covering and conservation of the weathered crusts of the original basement rocks or unclinkered drifting clasts. A large “unconsolidated bodies in rock- dome” can often be found in the inner belt sub- facies of extrusive facies, which are actually of large accumulation bodies of perlite balls. Special attention should be paid to looking for these two- type reservoirs in the intermediate- acidic volcanic rock area. The major tectoclase in this area is a set of conjugated, high- angle (fault plane with dip angle of $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$), NNE and NNW strike, and shear or compressive- shear fractures, which constitute the main migration pathway of oil & gas.

Key words: volcanic rock facies; volcanic reservoir; classification; unconsolidated formation; Songliao basin