

南堡凹陷火山活动与裂陷旋回

董月霞, 周海民, 夏文臣

(中国地质大学, 湖北武汉 430074)

摘要: 南堡凹陷原生岩浆的 Mg' 值大部分分布在 0.65~ 0.75 之间; 稀土和微量元素中不相容元素富集、相容元素亏损。由此说明该区火山岩受控于上地幔源岩的部分熔融作用。伸展裂谷型盆地的构造层序由下而上一般由底部粗粒层序组、下部含火山岩层序组、中部深水层序组和上部充填层序组组成, 南堡凹陷据此可划分出 6 个构造层序, 其中第三、四构造层序控制了南堡凹陷两期主要的含油气系统分布。南堡凹陷盆地形成机制主要与地幔上涌作用有关, 受控于主动裂谷演化模式。

关键词: 火山活动; 构造层序; 盆地动力学; 机制; 南堡凹陷

第一作者简介: 董月霞, 女, 32 岁, 高级工程师(博士生), 石油地质与勘探

中图分类号: P542⁺.36 文献标识码: A

1 岩浆作用特点

南堡凹陷下第三系的火山岩共有 3 种类型: 即熔岩、火山碎屑岩及次火山岩。

1.1 火山岩分布

钻井揭示, 南堡凹陷纵向上区域性分布的火山岩共有 5 套组合。

(1) 下第三系沙河街组三段火山岩: 岩性为基性玄武岩, 最大钻遇厚度 110 m, 分布广泛;

(2) 下第三系沙河街组一段火山岩: 岩性亦为基性玄武岩, 最大钻遇厚度为 578.5 m, 分布广泛;

(3) 下第三系东营组三段火山岩: 以基性熔岩为主, 双峰式组合, 在研究区分布较为广泛, 最大钻遇厚度 120 m;

(4) 下第三系东营组一段火山岩: 主要为基性玄武岩, 喷发中心位于凹陷中部滩海地区, 最大钻遇厚度 600 m;

(5) 上第三系馆陶组火山岩: 南堡凹陷内有 3 个喷发中心, 即北堡地区的北 7X1- 北 14X1 井区、老爷庙的庙 16X 井区和高尚堡的高 27 井区。最大单井钻遇喷发中心的厚度为 200 m, 喷发次数达 15 次以上。

1.2 岩石类型及岩石系列

(1) CIPW 标准矿物计算及投图结果表明, 本区

不同时代基性火山岩总体以亚碱性为主, 但成分变化很大(图 1)。

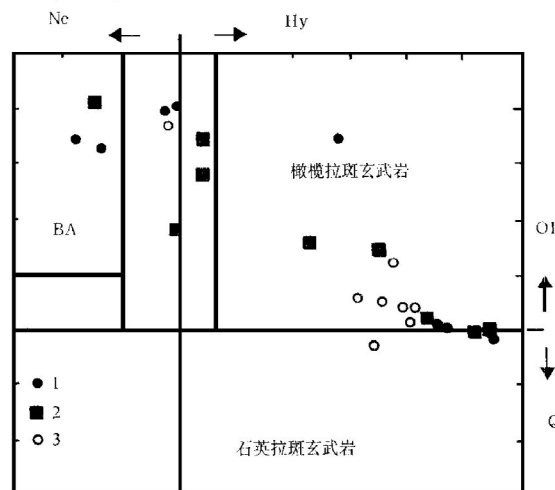


图 1 南堡凹陷基性火山岩分类图

Fig. 1 Classification of basic volcanic rocks in Nanpu sag

1—早第三纪沙河街组一段; 2—早第三纪东营组; 3—晚第三纪馆陶组

(2) 本区原生岩浆以碱性系列为主, 亚碱性原生岩浆仅占少数。早第三纪沙河街组一段沉积时期以碱性系列为主, 早第三纪东营组三段至馆陶期以亚碱性系列为主。且亚碱性及过渡性原生岩浆为拉斑玄武岩系列。

1.3 成因

对埋藏较深的沉积盆地而言, 原生岩浆的 Mg' 值是最为切实可行的判别岩浆来源标志。邓晋福^[1]提出的地幔原生玄武岩岩浆的 Mg' 值的合理范围为 0.65~ 0.75 之间。本区 26 个样品中有 22 个的 Mg' 值在上述范围内, 由此推断本区基性熔岩主要来源于幔源型原生岩浆。岩浆岩中的稀土和

微量元素对推断岩浆岩的来源也有重要的指导意义。本区火山岩的稀土和微量元素具有不相容元素富集、相容元素亏损的特征,说明本区火山岩受控于上地幔的部分熔融作用。

2 构造层序

构造层序是与构造作用相关的沉积地层和火山成因地层的三维组合,一般由两个构造运动面所限定,受控于构造幕式旋回,是区域构造运动和盆地动力过程的响应。伸展裂谷型盆地构造层序的内部构成一般具有四分性:由下而上分别为底部粗粒层序组、下部含火山岩层序组、中部深水层序组和上部充填层序组(图2)。

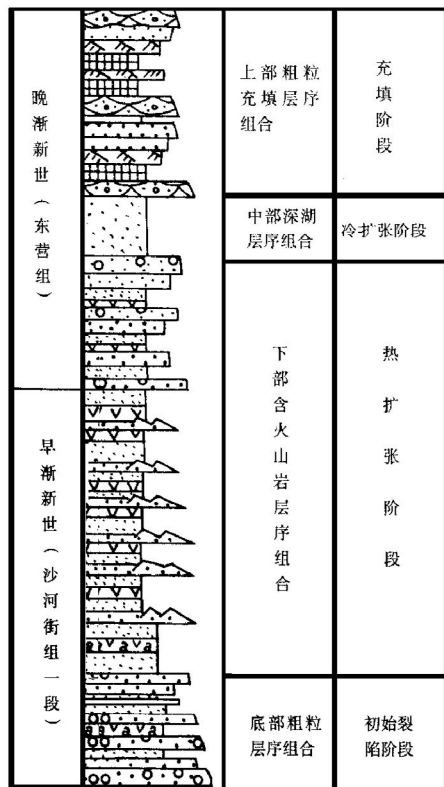


图2 伸展裂谷型盆地构造层序序列划分

Fig. 2 Division of structural sequences in extending rift basin

南堡凹陷及邻区可划分出6个构造层序(其中南堡凹陷缺失第二构造层序)(图3)。

2.1 第一构造层序相当于渤海湾盆地其它地区的孔店组)

底部的两个层序(I, II)为粗粒层序组,以冲积扇-扇前辫状河沉积体系为主。中下部层序相当于下部含火山岩层序组,为扇三角洲-湖泊型沉积体系。其火山岩除在黄骅坳陷的孔店组三段有所发现以外,分布并不广泛。中上部的为退积型扇三角洲-中深湖泊沉积体系组合,相当于中部深水

型层序组。该构造层序的顶部出现了一个隆升侵蚀不整合面,可能响应于盆地深部的热点隆升过程。

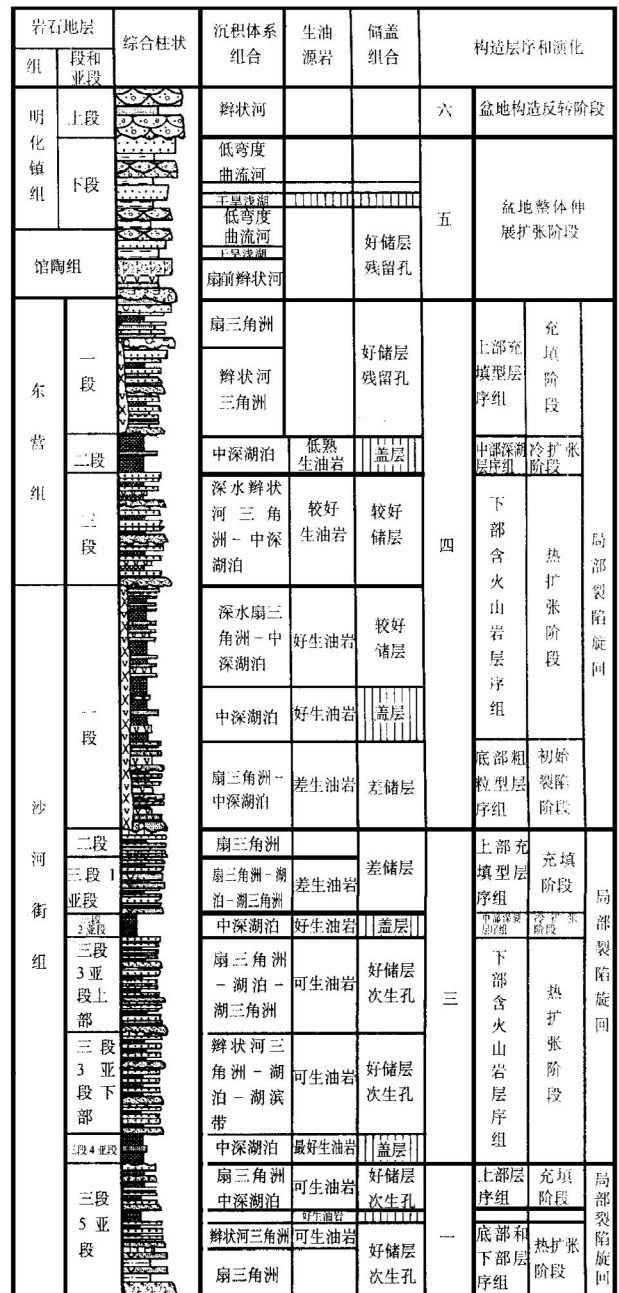


图3 南堡凹陷下第三系构造层序综合柱状图

Fig. 3 Synthetical column of structural sequences in Lower Tertiary, Nanpu Sag

2.2 第二构造层序(Es_4)

相当于济阳等凹陷的沙河街组四段,在该层序的底部出现了较厚的火山岩,响应于盆地的热裂陷过程。本区缺失沙河街组四段,故缺失第二构造层序。

2.3 第三构造层序($Es_3^4 - Es_2$)

对应于沙河街组三段4亚段和沙河街组二段,其中沙河街组三段3~4亚段以扇三角洲-湖泊型

及辫状河湖泊型沉积体系组合为主,虽然只有少数钻井在该层序中发现基性火山岩,但 R_0 随深度的变化说明在沙河街组三段4亚段沉积之后存在岩浆热上隆,代表了半地堑裂陷盆地的热扩张过程。沙河街组三段2亚段为中部深湖型层序组,以深水湖泊-近岸水下重力流沉积体系为主,代表了半地堑盆地的冷回沉和欠补偿过程。沙河街组三段1亚段和沙河街组二段为上部充填型层序组,以扇三角洲-湖泊型沉积体系组合为主,代表了半地堑盆地的充填过程。上述4个层序组构成了一个完整的响应于地幔羽上隆和衰减过程的构造层序。

2.4 第四构造层序($E_{s1}-E_d$)

沙河街组一段下部相当于底部粗粒层序组,以扇三角洲-水下扇-中深湖泊沉积体系组合为主,出现了少量的碱性玄武岩及拉斑玄武岩夹层,代表了新生代热点上隆旋回的初始裂陷过程。沙河街组一段中上部和东营组三段下部为含火山岩层序组,为湖底扇-辫状河三角洲-中深湖泊沉积体系组合。该层序组中含有大量同生拉斑玄武岩夹层。尤其是在沙河街组一段,玄武岩及辉绿岩含量最大,而东营组三段只含气孔杏仁状玄武岩薄夹层,说明沙河街组一段沉积时期为幔源物质大量注入阶段,岩石圈的伸展量已及时被幔源物质的上升量所补充。东营组二段为中部深湖型层序组,发育近岸水下扇-深水湖泊型沉积体系组合,不含同生火山岩夹层,代表热点衰减后的冷扩张过程。东营组一段为上部充填型层序组,以扇三角洲-湖泊型沉积体系及辫状河三角洲湖泊沉积体系组合为主。除沉积期后的辉绿岩床外,不含同生火山岩夹层,代表了盆地快速沉降之后的充填及过补偿过程。

2.5 第五构造层序($Ng-Nm^下$)

层序底部为冲积扇体系和扇前辫状河体系,组成粗粒层序组,夹少量的玄武岩层,向上变为含火山型下部层序组,以冲积平原-冲积型三角洲-浅湖沉积体系组合为主,含广泛分布的拉斑玄武岩层。中部出现了褐红色及灰绿色泥岩型层序组,相当于深水层序组。上部低弯度曲流河体系为上部充填型层序组。该构造层序大面积分布同期拉斑玄武岩,并发育密集同沉积张性断裂,说明它是在区域拉张背景下形成的,可能与中国东部岩石圈减薄和岩石圈下地幔大面积隆升有关。

2.6 第六构造层序($Nm^上$)

构造层序内以平原沉积体系为主,以同沉积断

裂停止活动或出现构造反转为标志。该构造层序代表了陆内裂谷盆地晚期构造反转的过程。

上述6个构造层序构成一个典型的陆内伸展裂谷盆地的充填序列。对应于第三构造层序的沙河街组三段4亚段和第四构造层序的沙河街组一段上部的两个主力生油岩系为南堡凹陷的两个主要含油气领域。

3 盆地形成机制

岩浆作用特点与下第三系构造层序的动力过程说明,南堡凹陷盆地形成机制主要与地幔上涌有关。这种软流圈的脉动上涌主要受控于主动裂谷演化模式,裂谷盆地的主要伸展阶段与大规模的岩浆作用期基本配套,且各期形成的岩浆岩具有典型大陆拉斑玄武岩的特征。

中国东部岩石圈的减薄与软流圈的脉动性上涌,在本区形成了多个构造层序(局部裂陷旋回),每一个局部裂陷旋回响应于一个地幔羽上隆和衰减过程,即一次软流圈的脉动上涌。在伸展裂陷的初期一般为新生热点开始上隆阶段,仅有少量的玄武岩及拉斑玄武岩喷出地表形成沉积;随着热点的进一步上升,幔源物质大量涌入,在地表形成大量同期拉斑玄武岩沉积,从而进入热扩张阶段;在热点衰减后的冷扩张和盆地的充填阶段,一次地幔上涌过程接近尾声,幔源物质回沉,很少在地表形成含火山岩沉积。这样的热活动过程影响了断陷盆地的局部构造作用与沉积作用,进而控制了盆地的沉积充填序列^[2],对沉积盆地的油气成藏条件和含油气远景有较大的控制作用。

南堡凹陷新生代以来的多幕断陷过程可以划分为3个局部裂陷旋回和晚期的构造反转阶段^[3]。其中第三、四构造层序对应的裂陷旋回控制了南堡凹陷两期主要的含油气系统分布,在高柳断层以北的高尚堡-柳赞地区以第三构造层序控制的沙河街组三段4亚段成油体系为主,对应于沙河街组三段含油气系统。在高柳断层以南地区的北堡-老爷庙地区,为第三构造层序控制的沙河街组三段4亚段成油体系和第四构造层序控制的沙河街组一段成油体系,对应于沙河街组三段、沙河街组一段-东营组含油气系统。晚期的构造反转阶段与区域成藏关键时刻对应,控制局部构造的形成以及控油断层的封闭性。

参 考 文 献

- 1 邓晋福, 叶得隆, 赵海玲, 等. 下扬子地区火山作用深部过程与盆地形成[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1992. 155~ 156
- 2 丛良滋, 周海民. 南堡凹陷主动裂谷多幕拉张与油气的关系[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(4): 296~ 301
- 3 李思田. 沉积盆地的动力学分析——盆地研究领域的主要趋向[J]. 地学前缘, 1995, 2(3): 1~ 9

VOLCANIC ACTIVITIES AND RIFT-SUBSIDENCE CYCLES IN NANPU SAG

Dong Yuexia Zhou Haimin Xia Wenchen

(China University of Geosciences, Wuhan, Hubei)

Abstract: The Mg²⁺ contents of protomagma in Nanpu Sag are mainly 0.65~ 0.75. The incompatible elements of rare earth and trace elements are rich and compatible elements are deficient. This suggests that the protomagma was controlled by the fusion of upper mantle source rock. The structural sequences of stretch rift basin is usually composed of coarse grain sequence in the bottom, volcanic rock bearing sequence in the lower part, deep-water sequence in the mid part and filling sequence in the upper part. Nanpu Sag could be divided into 6 sequences accordingly. The third and fourth sequences controlled the distribution of the two main petroleum systems of the sag. The formation mechanism of the sag was related of the upwelling of the mantle, and was controlled by the evolution model of active rift.

Key words: volcanic activity; structural sequence; basin dynamics; mechanism; Nanpu Sag

(上接第 299 页)

controlled the distribution of Mesozoic volcanic rocks, the volcanic rocks on the west side of the fault developed well than that on the east side. Besides, the superiority of great depth of electromagnetic sounding was also used to probe the deep texture of the globe. The result suggests that the depth of high conductive layer of the mantle is about 60 km, and that the undulation of the asthenosphere show distinct mirror relation; the depth of intracrustal high conductive layer is about 20 km. This is the reflection of detachment zone formed in earth crustal extension.

Key Words: oceanic array magnetotelluric sounding; intracrustal high conductive layer; intramantle high conductive layer; principal fracture

(上接第 303 页)

THEORY AND METHOD OF PHYSICAL
SIMULATION IN CLASTIC SEDIMENTATIONZhang Chunsheng¹ Liu Zhongbao² Shi Dong² Jia Ailin³

(1. Department of Petroleum, Chendu College of Technology, Chendu, Sichun; 2. Jiangnan Petroleum Institute, Jingzhou, Hubei;

3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing)

Abstract: Physical simulation of clastic sedimentary system is an important resort of studying sedimentary process, it is also one of efficient methods of forecasting oil-gas sandbody distribution. The similarity of sedimentary process is the key of physical simulation. So simulating experiment must suffice resemble theory. Basin theory keeping sedimentary process of model similar to that of prototype is geometry resemblance, kinetic resemblance, dynamic resemblance and three deduced basic rules such as grain suspend resemblance, grain kinetic resemblance, river bed transfiguration resemblance. Some resemblance conditions can not be content in experiment at the same time, the main conditions influencing sedimentary process should be content first. The establishment of geology and physical models according to actual condition is the foundation of correct physical simulation; the determination of experiment project based on the models is the main link of the simulation.

Key Words: clastic sedimentary system; physical simulation; theory; method; similarity