

# 冀中—黄骅拗陷古近纪火山岩地球化学特征及大地构造意义

孟元库, 潘澄雨, 汪新文, 尹行

(中国地质大学, 北京 100083)

**摘要:**冀中、黄骅拗陷的火山岩主要发育于古近纪的断陷期, 分为 Ek - Es<sub>1</sub>, Es<sub>2</sub> - Es<sub>3</sub>, Es<sub>1</sub> - Ed 三期。火山岩的岩石系列主要为碱性玄武岩系列, 古近纪晚期逐渐向拉斑玄武岩过渡; 稀土元素特征同大陆裂谷碱性玄武岩的配分模式一致, 为轻稀土富集型。通过岩石地球化学特征分析和大地构造讨论, 阐释了研究区古近纪火山活动的构造背景和成因机制。

**关键词:**冀中拗陷; 黄骅拗陷; 火山岩; 古近纪; 地球化学特征; 大地构造

中图分类号: P588.1

文献标识码: A

冀中、黄骅拗陷都是从中生代发展起来的断陷—拗陷<sup>[1]</sup>, 这一时期的构造运动是奠定冀中—黄骅拗陷构造格架和现今地质面貌的关键时期, 前人研究认为火山岩岩石地球化学特征与其形成的地质构造环境有比较密切的关系。历年来, 许多研究渤海湾盆地的学者都注意到, 通过火山活动特征的研究来反映伸展盆地的演化特征<sup>[2-10]</sup>, 另一方面, 随着勘探技术的提高和石油资源量的不断枯竭, 研究火山与油气的关系, 有着十分重要的现实意义。因此, 研究冀中—黄骅拗陷古近纪火山岩地球化学特征及大地构造特征具有十分重要的理论价值。

## 1 分布特征

冀中拗陷内, 古近纪火山岩主要分布在拗陷东部斜坡带上, 如在文安—杨村斜坡, 廊固凹陷河西务构造带的侯尚村、中岔口地区, 武清凹陷, 南部的饶阳凹陷都有古近纪火山岩分布。在黄骅拗陷内, 古近纪火山岩广泛分布, 在南皮凹陷的乌马营地区, 沧东凹陷的王官屯—孔店地区, 沿扣村—羊三木一线的歧口凹陷、北部北塘凹陷、乐亭凹陷(图1)。

无论在冀中拗陷和黄骅拗陷内, 与中生代火成岩分布相比较, 古近纪火山岩有几个突出的特征: 一

是火山岩似乎不再像中生代那样与边界的深大断裂有密切关系, 如太行山山前断裂和沧东断裂附近都缺乏火山岩分布, 而且侵入岩体显著减少; 二是火山岩岩性趋于单一, 喷出岩几乎是清一色的玄武岩, 另有少量超浅成的辉绿岩; 三是在 NW 向及近 EW 向调节带附近, 火山岩分布比较集中, 如在海河断裂附近, 扣村—羊三木调节带附近, 都有火山岩分布。

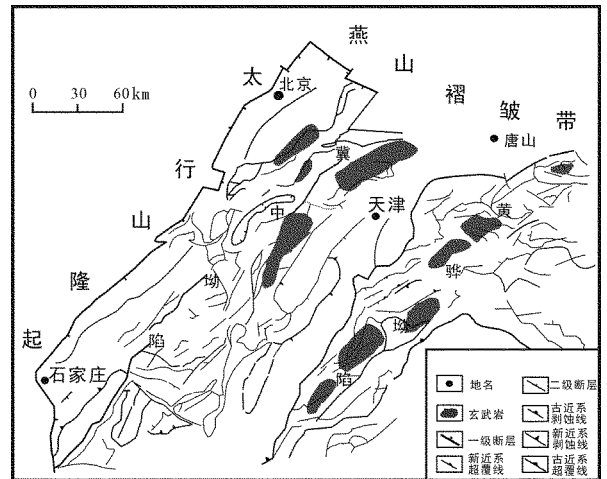


图1 冀中、黄骅拗陷古近纪火山岩分布图

因此认为, 中生代总体处于挤压的构造环境, 即

\* 收稿日期: 2012-09-26; 修订日期: 2012-12-21; 编辑: 王秀元

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40672150, 40739906, 40472086)

作者简介: 孟元库(1986—), 男, 陕西咸阳人, 硕士研究生, 研究方向构造地质学; E-mail: ykmeng@foxmail.com.

使到  $J_3 - K_1$  时期,也是由挤压向伸展过渡的弱伸展期,长期的挤压造山使得地壳大大增厚,在中新生代后期的岩石圈拆沉减薄时,由于重力的不平衡及其这时沿太行山山前断裂及沧东断裂上盘产生的次级断裂不多,将会优先在深大断裂处产生伸展,岩浆活动表现为部分熔融的岩浆沿切穿地壳的深大断裂侵入为主;而到了新生代,此时伸展活动十分强烈,沿边界断裂产生大量次级断裂,这些次级断裂大都在深部和深断裂一起收拢于滑脱带,由于地壳比中生代大大减薄,岩浆喷出地表有了更多的通道,而且在喷出过程中,沿深大断裂侵出的岩浆常常被次级断裂所“截流”,因而火山岩分布不再受制于边界断裂。这也许是解释新生代火山岩分布的一个途径。

## 2 古近纪火山活动期次

按照古近纪坳陷的构造演化阶段和火山岩分布状况,将古近纪火山活动分为 3 个期次:

(1)  $Ek - ES_1$ : 冀中坳陷内,该火山岩主要分布在大兴断层附近、河西务构造上,反映出此时断层活动较激烈;在黄骅坳陷,火山岩主要分布在南部乌马营、王官屯、枣园地区,反映出这一时期南部伸展活动比较激烈(图 2)。

(2)  $ES_2 - ES_3$ : 该期火山岩是古近纪分布最广的一期,冀中坳陷的文安-杨村斜坡上,火山岩最厚而且面积最大;在火山岩分布较少的饶阳凹陷内,留 58 井附近也分布有这一期的火山岩。黄骅坳陷的北部、中部、南部均有大面积火山岩分布,但也有些特点,比如在 NW 向的调节带附近火山岩分布较为集中(图 3)。

(3)  $ES_1 - Ed$ : 在黄骅坳陷中,该期的火山岩主要在中、北部出现,主要分布在歧口凹陷和北塘凹陷中(图 4)。

## 3 岩石地球化学特征

新生代古近纪冀中、黄骅坳陷火山岩在硅-碱图现为碱性系列(图 5),早期孔店、沙四期为较单一的碱性玄武岩系列,晚期沙一、东营期逐渐向钙碱性玄武岩系列和拉斑玄武岩系列过渡。

稀土元素分配形式是评价岩石成因的重要途径之一。岩石的稀土分配形式主要涉及稀土分配形式的特征。在黄骅坳陷古近纪火山岩稀土元素配分图

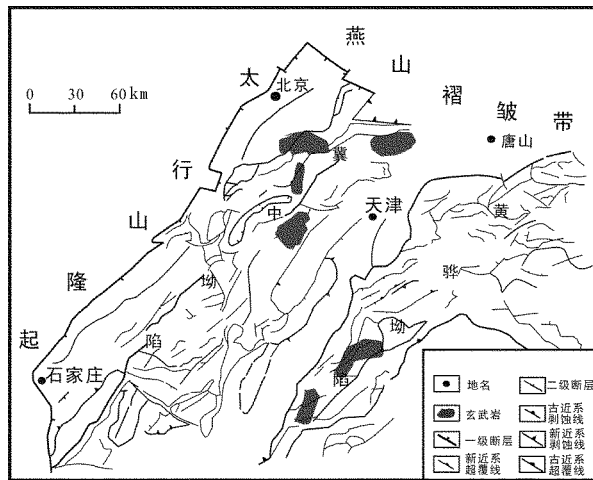


图 2 冀中、黄骅坳陷孔店期一沙四期火山岩分布图

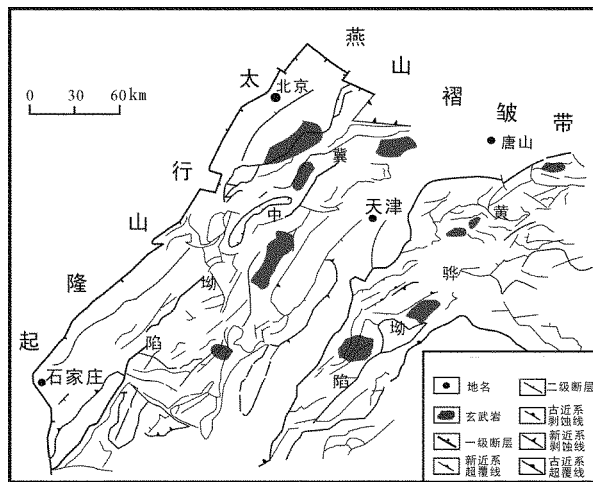


图 3 冀中、黄骅坳陷沙三期一沙二期火山岩分布图

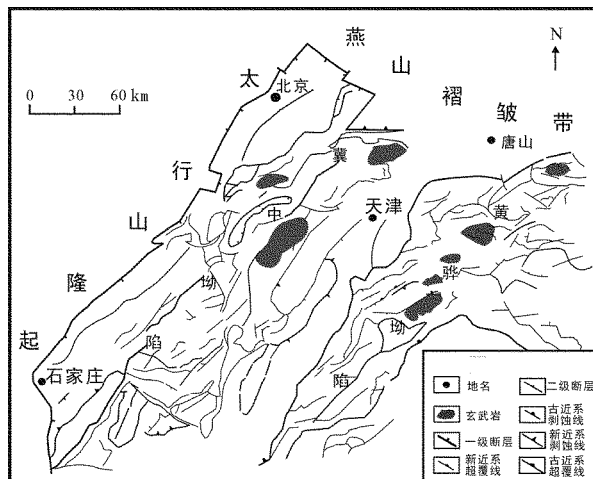


图 4 黄骅、冀中坳陷沙一期一东营期火山岩分布图

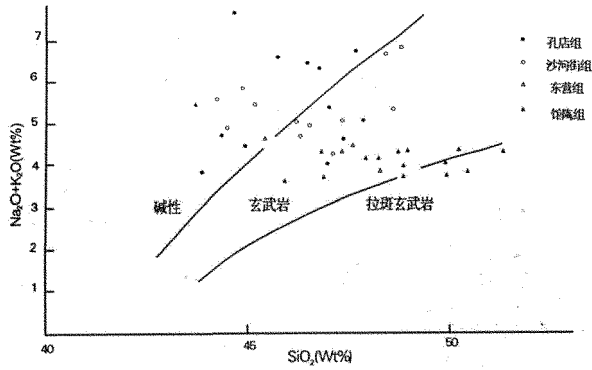


图 5 黄骅拗陷玄武岩全碱-SiO<sub>2</sub> 图  
(据王战等,1999)

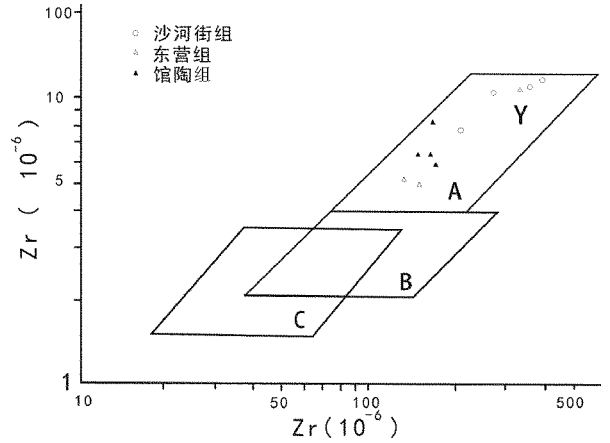


图 7 黄骅拗陷古近系玄武岩 Zr/Y - Zr 图解

上(图 6),古近纪各期稀土元素配分曲线走势基本一致,均为轻稀土富集向右微倾平滑下落型,或没有明显的 Eu 负异常,表示岩浆没有经过太多的结晶分异作用,喷出速度较快,这是典型的碱性系列火山岩的稀土元素配分曲线。

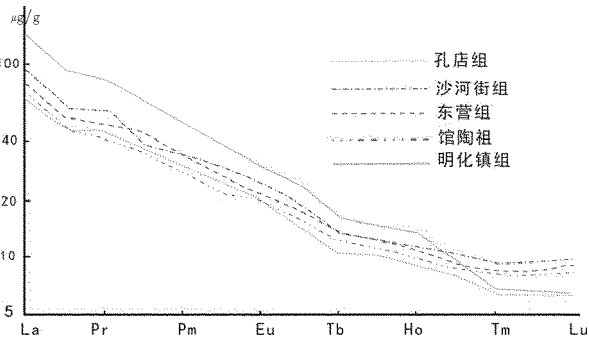


图 6 黄骅拗陷古近系稀土元素分布图

## 4 岩石化学与构造环境

在 Pearce 和 Norry 的 Zr/Y - Zr 图解上(图 7),与该区中生代的火山岩常常落到造山带区和岛弧区过渡带上显著不同的是,古近纪玄武岩几乎都落入了板内玄武岩区内。这表明了古近纪以来,该区已经处于陆内裂谷环境。

## 5 古近纪火山岩构造背景和成因机制

### 5.1 构造背景

从火山岩岩石化学特征分析可知,华北地台在经历了中生代的岩石圈拆沉、地壳减薄后,在喜山期开始了大规模的伸展运动。大地构造的研究表明,早燕山期华北板块东部的伊泽奈崎小板块 NNW 向

向大陆板块俯冲,在喜山期之前已消失在软流圈中,此时是由库拉板块以 NWW 向向大陆板块俯冲。尽管许多学者认为喜山期的伸展是由于大洋板块的俯冲角度变化所引起的,但综合考虑,中国东部由中生代的挤压应力场转变为新生代的伸展应力场还和仰冲板块与俯冲板块间的汇聚速率和俯冲速率的相对大小有关<sup>[11]</sup>。Royden 的研究表明<sup>[12]</sup>,在邻近俯冲带的仰冲板块边缘地区,其区域挤压和伸展变形与板块之间的聚敛(或汇聚)速率与俯冲速率有关(图 8)。所谓聚敛速率是指两板块之间的绝对运动缩短量(图 8B)。而俯冲速率是指俯冲板块俯冲、消亡于仰冲板块之下的水平长度(图 8C)。在俯冲板块边界当板块间汇聚速率小于俯冲速率时,表现为俯冲板块边界后退,仰冲板块的区域变形为水平伸展;相反,当板块汇聚速率大于俯冲速率时,表现为俯冲板块边界前进,仰冲板块的区域变形为水平缩短。

无论是俯冲角度变化还是汇聚速率的变化引起,可以看出,冀中、黄骅拗陷中、新生代火山岩反映出的构造背景有很大差别,古近纪的构造环境为陆内裂谷。

### 5.2 成因机制

古近纪火山活动与以下几个因素密切相关:

(1)火山岩的形成与这一时期的构造伸展有着直接的关系。在大陆岩石圈减薄过程中,下伏软流圈被动地上升,从而在较浅的部位发生部分熔融,形成火山岩浆。因而盆地的构造伸展量及伸张速率的大小相对火山岩的形成起着决定性作用。伸展量愈大、伸展速率愈快,就愈利于大规模火山岩的产生。

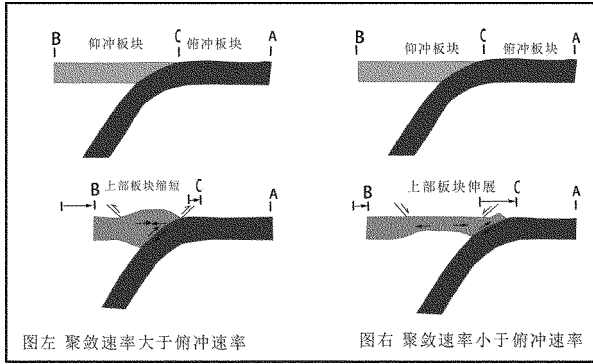


图 8 板块汇聚、俯冲的相对速率与仰冲板块的区域变形关系图<sup>[12]</sup>

这与冀中、黄骅拗陷构造在时空上的发展过程相一致，特别在黄骅拗陷，这种表现更明显。沙四期—孔店期：黄骅拗陷的伸展活动主要在南部的沧东拗陷中，因此火山岩主要分布在沧东凹陷的王官屯、枣园地区(图 2)。沙二期—沙三期：黄骅拗陷中、北区伸展活动加强，而南部相对减弱，火山岩也相应主要在中北区分布(图 3)。东营期—沙一期：南区火山岩活动基本停止(图 4)。大致在沙河街期，地块在经受了孔店期较长时间的伸展后，已翘倾的非常厉害，从而在上盘引起了不利于伸展的重力负荷，另一方面，位置不同于地表大断裂的地下深断裂活动加强导致了岩浆沿断裂上涌，引起莫霍面向上凸起，地壳减薄，所引起的不平衡重力更不利于早期活动的断层伸展。这样早期活动激烈的西部断裂逐渐不再活动，而深断裂的东部地区由于岩石圈上隆等原因产

生的次一级断层由于没有反向的重力负荷作用，活动开始趋于激烈。从而使得东部地区的断陷活动加强，沉积了较厚的沙河街组地层。相应地，火山岩也主要分布在东部地区，比如冀中拗陷的文安—杨村斜坡上，黄骅拗陷的孔店凸起、徐杨桥潜山等地。

(2) 新生代古近纪火山岩受地下深断裂控制。深断裂是同向地壳、上地幔的大断裂，沿深大断裂常是火山岩集中分布区。通过航磁、重力异常、地学断面和测深剖面确定了该区存在：黄骅拗陷中有沧东断裂带、盐山—歧口—新港深断裂带，冀中拗陷中有太行山东麓深断裂带、束鹿—霸县深断裂带、固安—昌黎大断裂及无极—衡水大断裂等几条深大断裂。然而需要指出的是，多种地球物理资料证实，地下深断裂最活动处与地表的大断裂在空间上往往不是完全重合的，而是出现在由伸展活动而导致的地下岩石圈拆离最薄处，相应地火山岩并不完全沿地表大断裂分布，而是沿地下最活动的深断裂分布。盐山—延庆测深剖面(图 9)清楚地显示了地表大断裂和地下深断裂以及地壳太行山山前断裂，而是出现在大兴凸起附近，相应地在河西务构造带也是火山岩集中分布的地区。另外，在霸县凹陷的文安斜坡处也推测有一条深断裂，因而沿该深断裂附近的文安斜坡等地也是火山岩集中分布地。在黄骅拗陷中，最活动的深断裂同样并不完全出现在地表沧东断裂出露处，而是在沧东断裂东部的孔店凸起处。这也解释了火山岩不完全沿沧东断层分布的原因。

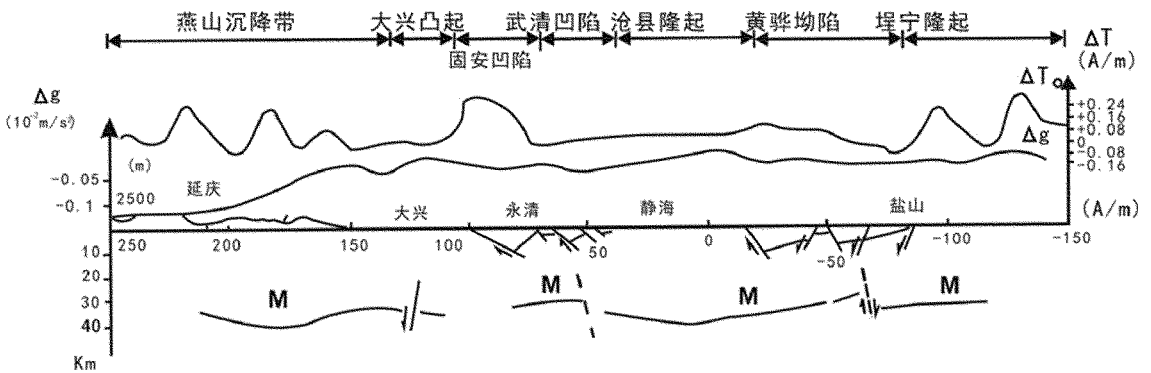


图 9 盐山—大兴—延庆大地测深剖面图

(3) 不同时期的火山岩分布受 NW 向调节带控制。在分析古近纪火山岩分布特征的过程中，还发现一个比较突出的特征是，NW 向的调节带对不同时期的火山岩也有显著的控制作用。如在沙四期—

孔店期，冀中拗陷中的火山岩分布在北部，不越过徐水—任丘横向调节带。黄骅拗陷中的火山岩分布在南部，不越过扣村—羊三木横向调节带。沙二期—沙三期火山岩分布尽管十分广泛，但在调节带附近分

布更为集中。沙一期到东营期,黄骅坳陷火山岩已迁移到中、北部,向南不越过扣村—羊三木调节带。直接控制冀中、黄骅坳陷古近纪火山活动的成因机制目前还难于成型,需要更为细致的资料积累过程和进一步的勘探实践。

## 6 结语

(1)冀中、黄骅坳陷在古近纪发育了  $Ek - Es_4$ ,  $Es_2 - Es_3$ ,  $Es_1 - Ed$  三期火山岩,其岩性变化、分布位置、发育过程展示了冀中、黄骅坳陷构造演化过程。

(2)火山岩的地球化学特征,表明研究区古近纪以来处于陆内裂谷环境。

(3)冀中—黄骅坳陷古近纪火山活动与构造伸展密切联系并受地下深大断裂带和 NW 向调节带的控制。

## 参考文献:

[1] 陈发景,汪新文,陈昭年,等. 伸展断陷盆地分析[M]. 北京:地质出版社,2004.

- [2] 鲍亦冈,谢德源,陈正帮,等. 论北京地区燕山运动[J]. 地质学报,1983,57(2):195-204.
- [3] 陈发景,汪新文,张光亚,等. 中国中生代含油气盆地构造与动力学背景[J]. 现代地质,1992,6(3):317-325.
- [4] 陈发景,汪新文. 含油气盆地地球动力学模式[J]. 地质论评,1996,42(4):304-310.
- [5] 陈发景,汪新文. 盆地构造分析与油气勘探[J]. 勘探家,1996,1(1):26-27.
- [6] 陈发景,汪新文. 中国中生代含油气盆地成因类型、构造体系及地球动力学模式[J]. 现代地质,1997,11(4):1-16.
- [7] 高山,金振民. 拆沉作用及其壳-幔演化动力学意义[J]. 地质科技情报,1997,16(1):1-9.
- [8] 孟庆仁,王战,王翔,等. 新生代黄骅陷构造伸展、拆沉作用和岩浆活动[J]. 地质论评,1993,39(6):535-547.
- [9] 漆家福,陈发景. 下辽河—辽东湾新生代裂陷盆地的构造解析[M]. 北京:地质出版社,1995.
- [10] 赵洪刚,梁吉坡,陈晓燕. 临清坳陷晚古生代沉积环境及演化分析[J]. 山东国土资源,2012,28(3):1-4.
- [11] 汪新文. 东北亚大陆边缘中生代构造事件与演化序列[J]. 地质科技情报,1997,16(4):9-13.
- [12] Royden L. H. The tectonic expression slab pull at continental convergent boundaries[J]. Tectonics, 1993,12(2):303-325.

# Geochemical Characteristics and Tectonic Implications of Paleogene Volcanic Rocks in Jizhong—Huanghua Sag

MENG Yuanku, PAN Chengyu, WANG Xinwen, YIN Hang  
(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Volcanic rocks in Jizhong—Huanghua sag mainly developed during the faulting period of Paleogene and can be divided into three periods as  $Ek - Es_4$ ,  $Es_2 - Es_3$  and  $Es_1 - Ed$ . The volcanic rocks are alkaline basalt series and transited gradually to tholeiite series in late Paleogene. REE characteristics are LREE-rich type which is in accordance with the distribution pattern of alkali-basalt of continental rift. Through analysis on geochemical characteristics and tectonic discussion, tectonic setting and genetic mechanism of the Paleogene volcanic activities in study area have been explained.

**Key words:** Jizhong Sag; Huanghua Sag; volcanic rock; Paleogene; tectonics