

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

中国断陷盆地主要生油岩中的 火山活动及其意义

金 强

(石油大学, 山东东营, 257062)

熊寿生 卢培德

(地质矿产部石油地质中心实验室, 江苏无锡, 214151)

内容提要 通过对断陷盆地主力生油岩中普遍存在的碱性火山岩的分析, 认为水下火山喷溢环境是优质生油岩赖以形成的主导因素。岩浆、火山的高温无机气液具有加温、加氢、催化作用, 是生油岩有机质在浅埋藏的低成熟阶段形成油气的主要动力。这种沉积有机质在火山作用下形成的油气称为有机—无机混合成因的油气。重视油源岩系的火山活动研究, 发展多源成烃学说, 可以开拓油气勘探新领域。

关键词 断陷盆地 主力生油岩 火山喷溢活动

随着油气勘探的深入发展, 已先后在松辽、渤海湾、苏北—南黄海、南襄—江汉、三水—珠江口和东海、南海等裂谷型断陷盆地的主力生油岩中钻遇了玄武质熔岩及其凝灰岩夹层。此外, 新疆准格尔盆地二叠系风城组(P_2f)和吐—哈盆地二叠系塔尔郎组(P_2t)的生油岩中也钻遇了玄武质夹层。在燕辽、扬子和秦岭—大巴拉槽的早古生代油源岩中, 也发现较多的碱性火山岩流。表明生油岩的形成和演化与同沉积期的火山喷溢活动密切相关。

1 断陷盆地主力生油岩沉积期的火山喷溢活动

1.1 松辽盆地青山口组的火山喷溢活动

松辽盆地是我国主要油气盆地之一, 其中的青山口组暗色泥岩、油页岩为主力生油岩。沿中央断裂带北起齐家凹陷, 南至乾安凹陷, 在青山口组的暗色泥岩、油页岩中发现了单层厚2~80 m, 其总厚度达210 m的玄武岩和凝灰岩夹层^①(图1), 在乾109、124钻井中钻遇了较厚玄武岩扁豆体, 在围绕玄武岩体钻井剖面中的岩心、岩屑和测井曲线解释, 可知有较多白云岩化生物灰岩和介形虫泥岩及凝灰质泥岩夹层。生油岩中淡水水生生物和广盐性变异生物遗骸混合分布, 其有机碳含量很高^[1]。玄武质熔岩、凝灰岩和白云岩化生物灰岩等夹层与生油岩多为整合或微角度整合接触, 显示出同沉积期水下喷溢活动的特征。

1.2 渤海湾盆地沙河街组的火山喷溢活动

沙河街组的沙四段上部、沙三段和沙一段为渤海湾盆地的主力生油岩, 它们在各断陷中均发现有同沉积期的火山岩。据不完全统计, 在生油层中钻遇火山岩的井达1000口以上。其中在沙三段和沙一段钻遇火山岩夹层的井有800多口。在勘探程度较高的地区, 可以根据钻井和

注: 本文为山东省自然科学基金项目(编号 Q95E0440)资助。

① 蔺毓秀. 松辽盆地齐家地区青山口、高台子油层沉积相研究. 石油地质研究报告集13. 大庆石油研究院. 1985.

本文1997年3月收到, 9月改回, 刘淑春编辑。

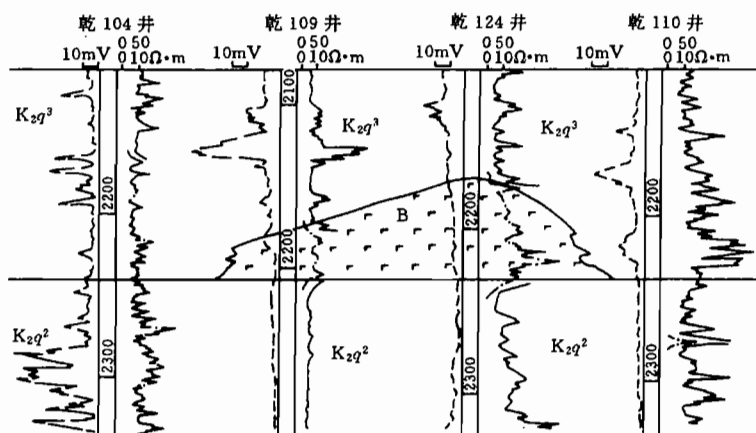


图1 松辽盆地主力生油岩(K_2q)中火山岩剖面分布特征(据韩广玲)

Fig. 1 A typical profile of volcano distribution within the major source rocks(K_2q) in the Songliao basin(after Han Guangling)

B—玄武岩及凝灰岩; K_2q^3 —青山口组三段泥页岩; K_2q^2 —青山口组二段泥页岩
B—Basalt and tuff; K_2q^3 —mud shale; K_2q^2 —mud shale

地震资料确定火山岩体的分布及其喷溢中心。如利用黄骅坳陷中部沙三段 144 口钻井和 60 条地震剖面,勾划出面积在 $0.5 \sim 3.0 \text{ km}^2$ 的火山岩体有 46 个,其中最大者为 12 km^2 ,喷溢中心有 3 个^[2]。与玄武质火山岩为互夹层的暗色泥岩富含各门类化石,表明为间歇性水下火山喷溢。限于篇幅,这里仅介绍济阳坳陷和东濮凹陷的情况。

沙三段为济阳坳陷的主力生油岩,也是火山喷溢活动强烈的层段。如利津凹陷的杨集—林樊家和惠民凹陷的魏家集—玉皇庙等地区的泥岩、油页岩中夹有近百层总厚达 500 m 熔岩和碎屑凝灰岩^[3]。火山岩分布区周围常富集有较丰富的低熟油气和非烃气。

另一主力生油岩——沙一段中所夹火山岩及凝灰岩也较多,如东营凹陷孤岛—桩西地区富含颗石藻的泥岩、油页岩中,玄武岩及火山碎屑即很发育^[4]。

济阳坳陷生油岩中火山熔岩与火山碎屑分布特征是:在同一凹陷中西少东多,南厚北薄,与断裂发育的强度及方向一致;在两组断裂交汇处常形成火山锥或火山台地,这表明火山喷溢活动受同期生长断裂的控制。

东濮凹陷主力生油岩中的火山岩分布,具有南北差异的特点。南部的生油岩中夹有大量薄层玄武岩及凝灰岩或绿辉岩;北部在前期形成的火山闭塞湖基础上,沿断裂破碎带发育有多旋回深源喷溢火山岩体,形成了厚达 $2 \sim 3 \text{ km}$ 的生油岩与膏盐岩互层^[5]。从地震反射剖面、钻井和测井剖面及取心资料看,暗色泥页岩与膏盐岩互层均为连续过渡关系,同属水下火山喷溢或水下深源喷流沉积所形成^[6]。

1.3 苏北—南黄海盆地泰州组—阜宁组的火山喷溢活动

该盆地各凹陷的生油岩中都钻遇厚度不等的火山岩。在金湖凹陷闵桥地区的泰州组与阜宁组(阜二段、阜四段)有 40 口井钻遇玄武质火山岩,单层厚 $1 \sim 50 \text{ m}$,总厚 $200 \sim 340 \text{ m}$ 不等^[7]。火山岩在生油岩中形成台地,并形成火山岩油气藏。

1.4 南襄—江汉盆地膏盐岩与生油岩的深源喷溢活动

该盆地主要生油岩为暗色泥页岩与膏盐岩韵律层组成,在暗色泥页岩中普遍夹有白云岩化扁豆体和广盐性变异生物体。其中泌阳凹陷的生油岩与重碳酸钠盐岩互层,在其底部和中部均夹有玄武质熔岩流,属火山闭塞湖盆的深源喷流活动所形成^[8]。其特征是富含重碳酸钠盐和含碱白云石、方沸石、钠沸石及碳氢钠石等具有深源热液喷流标志的含沸石盐卤化矿物^[9](图2)。

2 生油岩与火山岩的组合特点

(1) 玄武岩-暗色泥页岩组合:

富含有机质泥页岩夹数量不等的玄武质熔岩及其凝灰岩,并含白云岩化生物灰岩透镜体和基碱性蚀变矿物。如松辽盆地的青山口组,渤海湾的孔店组和沙河街组,苏北的泰州组和阜宁组。

(2) 玄武岩-膏盐岩-暗色泥页岩组合:富含有机质泥页岩与膏盐岩不等厚互层,在其底部或顶部夹少量玄武质熔岩,除富含白云岩化生物灰岩透镜体外,还有较多的方沸石、钠沸石和重碳酸钠盐蚀变矿物。如东濮的沙三、沙一段,南襄的核桃园组和江汉的荆河镇组与潜江组。

(3) 中酸性火山岩含煤砂泥岩与泥页岩组合:这是不稳定沉降阶段的沉积产物,如阜新煤田沙海组泥质生油岩和伊通油气田的主要生油岩,发育在两个含煤层之间的厚层泥页岩中。此外,东海和南海油气区的主要生油岩,也不是由含煤砂泥岩层组成,而是由夹于上下含煤层中间的厚层泥页岩组成。

3 裂谷盆地构造演化与岩浆—火山活动

在裂谷型断陷盆地的不同构造演化阶段,常有不同强度的岩浆、火山活动,综合松辽、渤海湾等裂谷型

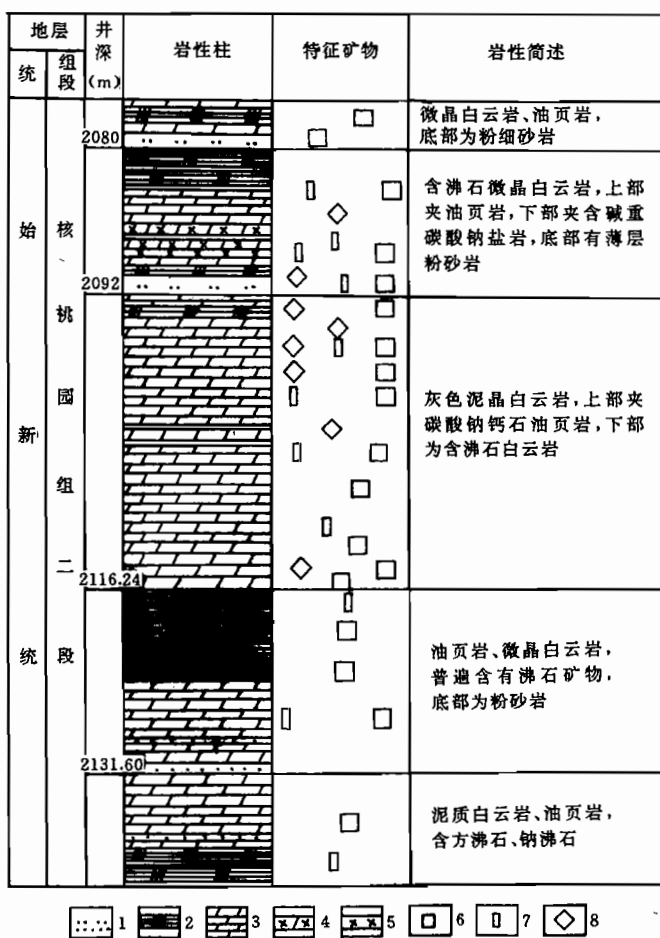


图2 泌阳凹陷泌9井含沸石生油岩段柱状图

(据周建民, 1989 修改)

Fig. 2 The Bi-9 well column showing zeolite-bearing source rocks in the Biyang depression(modified after Zhou jianmin, 1989)

1—粉细砂岩; 2—油页岩; 3—白云岩; 4—含碱白云岩;
5—重碳酸钠盐岩; 6—方沸石; 7—钠沸石; 8—碳钠沸石
1—Fine sandstone; 2—oil shale; 3—dolomite; 4—alkalic dolomite;
5—soda-bicarbonate; 6—analcime; 7—natrolite; 8—carbon-natrolite

断陷盆地的不同的发生、发展特点,可划分为4个演化阶段(图3)。

3.1 区域上隆阶段

在断陷盆地形成初期,地壳深部的高密度高能地幔垫渐次形成和扩展,莫霍面上拱,导致地壳形成一系列拉张断裂(图3A)。由于整体处于上隆阶段,没有接受沉积,但沿断裂破碎带常有中酸性岩浆、火山活动。

3.2 早期强烈张裂阶段

随着拉张应力的加强,地壳由整体上隆的地垒群体发展为整体沉陷的地堑群体,沿断裂带除发育中酸性岩浆活动外,在一些差异升降较大的断陷盆地,堆积有巨厚的类磨拉石建造,形成火山岩-红色砂泥岩组合(图3B)。由于盆地沉降速率与沉积速率处于不均衡发展,不利于生物的繁衍和生油岩的发育。

3.3 中期稳定沉陷阶段

该阶段具有3个显著标志:①周边山地大部分夷平为低缓丘陵,输入盆地的沉积物主要为富含有机质的淤泥或粉砂质淤泥。②盆地的沉降速率大于沉积速率,多为具有分层结构的较深水体,表层水适于广盐性生物繁衍。③沿断裂破碎带的岩浆、火山活动多为水下火山喷溢—喷流活动,在暗色砂泥岩或泥页岩中夹有较多的火山喷溢体(图3C)。

3.4 晚期挤压抬升阶段

断陷盆地构造演化晚期,拉张活动渐弱并转化为挤压抬升,仅少数断裂交汇处仍有火山活动外,大部分断裂带停止活动。同时沉积速率大于沉降速率,盆地覆有厚度不等的类磨拉石堆积(图3D)。

我国各地史时期发育的断陷盆地大都经历了上述发育阶段。含油气盆地的主要生油岩都发育在构造演化的中期稳定沉陷阶段,并伴有程度不同的火山喷溢活动。这种生油岩与火山喷溢体共存的地质体,对于有机质富集、保存及其生烃演化有积极的作用。

4 火山喷溢—喷流作用与生油岩沉积模式

断陷盆地主力生油岩虽都形成于盆地演化中期,但火山活动方式和喷溢环境不同,生油岩沉积模式也不同,基本有下列3种。

4.1 基性火山喷溢环境生油岩沉积模式

盆地处于构造演化稳定沉陷阶段,断陷深度较大,水体相对较深,基性岩浆体断续向湖盆

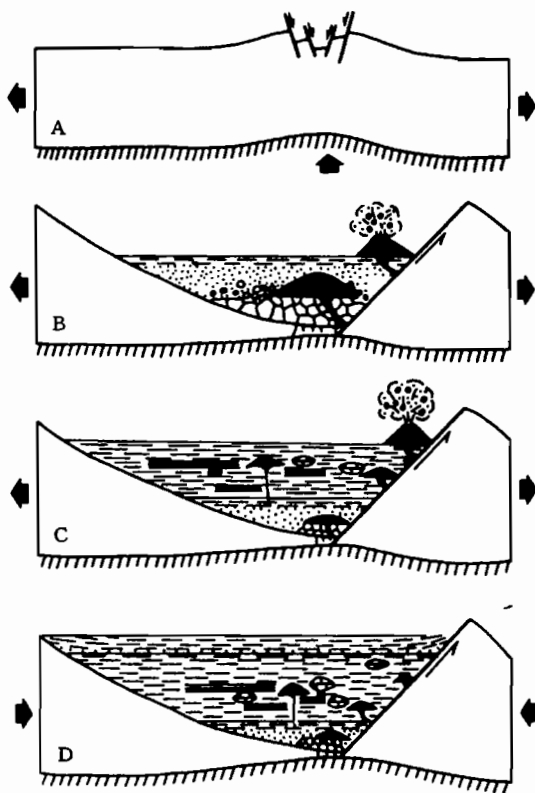


图3 断陷盆地构造演化与火山喷溢活动的关系

Fig. 3 Tectonic evolution and the volcanic activity in faulted basins

A—区域上隆阶段;B—早期拉张阶段;
C—中期稳定沉陷阶段;D—晚期挤压抬升阶段
A—Regional uplift stage; B—early tension stage;
C—middle stable depressive stage;
D—late compressive uplift stage

水底喷溢,增加了水温和无机养料,有利于生物繁衍和富集。同时沉降速率大于沉积速率,有利于富含有机质泥页岩沉积。围绕火山喷溢体周缘的沉积物多含有白云岩化的生物灰岩透镜体,构成优质生油岩(图 4)。

4.2 中基性火山喷溢环境含煤砂泥岩沉积模式

当拉张断裂切割深度较小时,火山熔岩多为经过分异作用的安山质熔岩和酸性火山岩^[10],而且盆地沉降速度与沉积速度处于不平衡状态时,常形成含煤砂泥岩和陆上火山熔岩的互层。当断裂切割深度较大,沉降速率大于沉积速率,在以泥页岩沉积为主体的水体中,水下基性火山熔岩喷溢活跃,有利于形成较厚的夹有玄武岩及凝灰岩的暗色泥质生油岩(图 5)。显然,位于暗色泥页岩顶部的含煤砂泥岩不是主力生油岩。

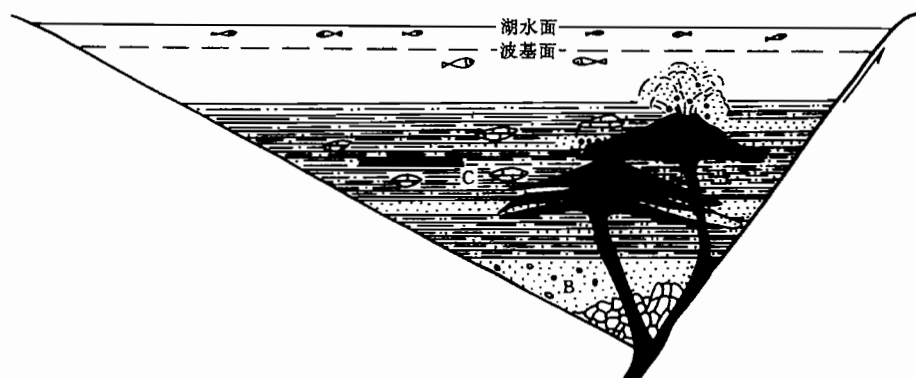


图 4 基性火山喷溢环境生油岩沉积模式图

Fig. 4 Deposition model of source rocks in the environment of basaltic volcanic activity

B—早期拉张阶段(火山岩—红色砂泥岩);C—中期稳定裂陷阶段(玄武岩—暗色泥页岩)

B—Early tension stage(volcanic rocks—red sandstone and shale); C—middle stable depressive stage(basalt—dark mud rocks)

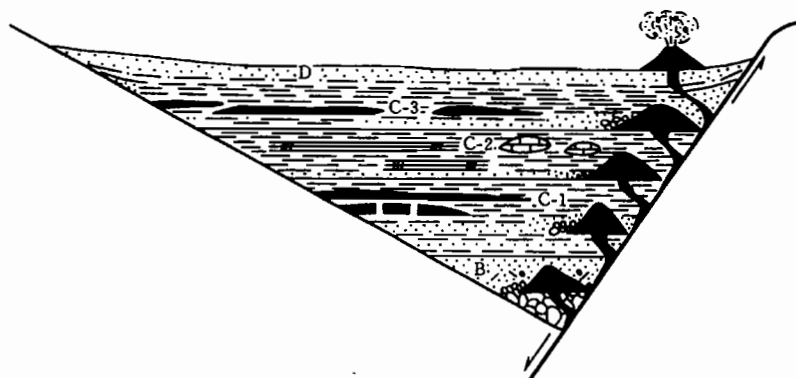


图 5 中基性火山喷溢环境含煤生油岩沉积模式图

Fig. 5 Deposition model of coal-bearing source rocks in environment of andesite-basalt volcanic activity

B—早期拉张阶段;C-1、C-3—含煤砂泥岩;C-2—生油岩;D—晚期抬升阶段

B—Early tension stage;C-1 and C-3— coal-bearing sandstone and shale;C-2—source rocks;D—late compressive uplift stage

4.3 深源喷流环境含膏盐泥页岩沉积模式

盆地构造演化早期的火山喷溢活动所形成的闭塞断陷湖盆,在中期稳定沉陷阶段演变为深源喷流活动^[11]。火山气液、热卤水和高温地下水取代了岩浆而向湖底喷注(图6)。当含盐热流体较多时,盐跃层上浮,稀释层厚度变薄,卤水层厚度相对增大,在掺杂作用下形成盐类沉积^[8];当含盐热流体相对减小时,盐跃层和卤水层降低,稀释层厚度增大,广盐性水生生物大量繁衍,堆积富含生物遗骸的淤泥。闭塞湖盆底部的深源热流强度变化,既是形成泥页岩与膏盐岩韵律层的重要条件,也是形成优质生油岩的沉积环境。

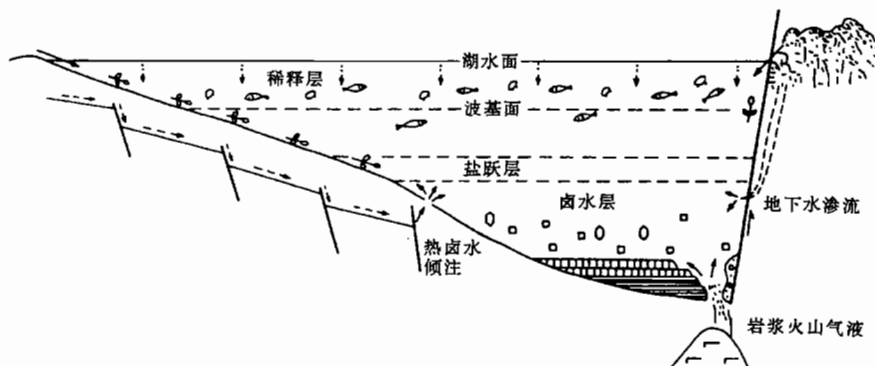


图6 深源喷流环境膏盐岩、生油岩沉积模式图(据金强,1985 修改)

Fig. 6 Deposition model of evaporate and source rocks in sub-water extrusion environment
(modified after Jin Qiang, 1985)

5 讨论

我国断陷盆地的主力生油岩大都与火山喷溢体共存。在过去几十年的油气勘察实践中,对认识岩浆、火山活动与油气形成、运移、聚集和保存的关系,经历了一条曲折漫长的过程。即从单方面的有害论“避而远之”,到“大害小益”或“小害有益”等等。笔者认为,重视主力生油岩中火山岩的研究,对于盆地评价和油气勘探将带来新思路和新领域。

(1)更新对成烃学说和油气勘探的思维:成烃学说与金属非金属成矿学说一样,长期存在有机和无机说之争^[12]。废弃“非此即彼”的旧认识,重视岩浆、火山活动对成烃环境的作用,对更新成烃学说和油气勘探的思想很有意义。

(2)水下火山喷溢—喷流活动是断陷盆地主力生油岩形成的有利因素:太平洋中脊的洋底火山喷溢—喷流活动周围发现了大体型变异水生生物及烃类^[13];同样我国各断陷盆地围绕喷溢体也发现了较多的广盐性变异生物化石和优质生油岩,显示了火山喷溢—喷流活动是有利于油气形成的因素。

(3)岩浆、火山活动的高温无机气液对有机质成烃具有加氢催化等作用:基性岩浆、火山活动为生油岩提供了热量、含氢的气液流体及含重金属的新生矿物^[14],它们对生油岩有机质起着加温、加氢和催化作用,促使有机质在较浅埋藏条件下较早地形成烃类。这种有机—无机混合成因的油气常围绕断陷盆地生油岩中火山喷溢体分布,值得加强研究和勘探。

参 考 文 献

- 1 韩广玲. 松辽盆地中央拗陷带青山口组玄武岩与油气分布的关系. 石油实验地质, 1988, 10(3): 392~399.
- 2 张树国. 黄骅拗陷中部沙河街组火成岩分布及其意义. 石油实验地质, 1987, 9(3): 387~394.
- 3 董冬. 东营凹陷火山岩油藏形成与分布. 石油技术, 1987, (2): 16~24.
- 4 段志斌. 火成岩油藏油气来源及火山活动对油气影响的探讨. 石油技术, 1990, (3): 36~43.
- 5 金强. 东濮凹陷早第三纪盐湖成因的探讨——一种深水成因模式. 华东石油学院学报, 1985, (1): 1~8.
- 6 李任伟. 东濮盆地蒸发岩的成因. 沉积学报, 1989, 7(4): 426~434.
- 7 侯建国. 苏北闵桥地区古新统玄武岩储集特征初议. 江苏油气, 1992, 3(1): 34~42.
- 8 袁见齐. 盐类矿床成因理论的新发展. 地球科学, 1981, (1): 7~16.
- 9 周建民. 河南泌阳凹陷含碱段浅水蒸发环境. 沉积学报, 1989, 7(4): 386~393.
- 10 Bostrom K. Lanban—an exhalative sedimentary deposit. Econ. Geol., 1979, 74: 1153~1167.
- 11 季克俭. 热液矿床研究的重要进展. 湖南地质, 1991, 19(2): 1~8.
- 12 王曰伦. 中国海相火山—沉积成矿理论及相关地质问题. 见: 矿产地质专报(四), 矿床与矿产. 北京: 地质出版社, 1988.
- 13 Keith A. Kenvolden, Hydrothermally derived petroleum: examples from Guaymas basin, Gulf of California & Escanaba Trough, North-East Pacific Ocean. AAPG Bull., 1979, 74(3): 438~452.
- 14 Ken Bailey. Volcanic activity of the continual degassing of the earth. New Scientist, 1979, 2: 247~253.

Volcanic Activity in Major Source Rocks in Faulted Basins of China and Its Significance

Jin Qiang

Xiong Shousheng and Lu Peide

(University of Petroleum, Dongying, Shandong, 257062) (Central Lab. of Petroleum Geology, Wuxi, Jiangsu, 214151)

Abstract

Investigations have revealed that basic and alkaline volcanic rocks are distributed in major source rocks within all the faulted basins in China. There are three types of assemblages of volcanic rocks and source rocks: basalt—dark-colored shale, basalt-evaporite—dark-colored shale and andesite-coal—dark-colored shale. The authors suggest that the environment in which subaqueous volcanoes erupt during the deposition of the source rocks is also very good for accumulation of high-quality source rocks. Fluids (including hydrogen and so on), heavy-metal minerals and heat provide the volcanic activity may promote organic matter in the source rocks to transform easily to hydrocarbon at shallow burial depths and low temperatures by means of heating, introduction of hydrogen and catalysis of the minerals. Such hydrocarbon is called hydrocarbon generated by mixed organic and inorganic actions. The application of this theory to petroleum exploration will yield new finds.

Key words: faulted basin; major source rock; volcanic eruption

作 者 简 介

金强,男,1956年生。1982年毕业于石油大学资源系(华东),先后获油气地质勘探专业硕士学位与博士学位。现为石油大学资源系(华东)教授,主要从事油气地球化学、油气成因、盆地分析、油藏描述等科研和教学工作。通讯地址:257062,山东省东营市石油大学资源系。