

文章编号: 1671-5888(2003)04-0479-06

中国东部陆缘中区第三纪构造-火山事件 及其对含油气盆地的控制

宋维海, 张兴洲, 王璞

(吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061)

摘要: 中国东部陆缘中区第三纪主要发育5期构造-火山事件高峰, 分别发生在58~46 Ma, 38~36 Ma, 26~24 Ma, 20~16 Ma, 8~4 Ma。形成的火山岩岩性相对单一, 主要为玄武岩, 大量隐伏于新生代含油气断陷盆地中, 这与裂谷作用有关, 而野外露头区只发育古新世、中新世和上新世火山岩。研究表明, 火山作用伴随着盆地发育的全过程。成盆早期的火山岩代表着裂谷作用的开始。成盆中期火山活动相对强烈, 不但形成大量火山岩, 而且也是盆地生油岩发育的主要时期。盆地形成后期火山作用微弱。新生代火山作用的中心往往成为成盆中心和油气聚集区。

关键词: 第三纪; 构造-火山事件; 含油气盆地

中图分类号: P618.13 **文献标识码:** A

中国东部陆缘中区是指太行山前断裂以东、秦岭一大别造山带以北、集宁—凌源断裂以南的区域, 是环太平洋构造带的重要组成部分, 新生代构造运动强烈, 岩浆活动频繁, 金属矿产丰富, 同时又是石油生成和富集的有利场所。国内许多学者对本区进行了大量的研究, 研究方向主要有盆地的构造与油气^[1]、盆地的构造特征^[2]、盆地的成因类型、构造体系及地球动力学模式^[3]、裂陷作用与伸展构造^[4,5]、火山活动与沉积盆地的形成与演化^[6]、构造-岩浆活化史^[7]等, 并已取得了丰硕的研究成果。本文主要从构造-火山事件这一角度来研究含油气盆地, 以期弄清构造运动的性质、火山活动的规律以及盆地的形成机制, 对中国东部含油气盆地的研究及石油勘探具有指导意义。

1 构造运动与断裂对含油气盆地的控制

中国东部新生代发育火山岩的盆地主要有渤海湾盆地、苏北盆地等。这些盆地分别是在前震旦纪结晶岩、古生代褶皱基底及变质基底上发育起来的, 盆地的形成和演化主要受北北东向和近东西向两组区域大断裂控制(图1)。

渤海湾盆地位于我国东部海域及其沿岸, 周缘被燕山、太行山、鲁西和胶辽地块所环绕。其边界主要被两组断裂所围限。近北东或北北东方向的边界断裂有太行山前断裂、郯庐断裂、兰考—聊城断裂、沧东断裂; 近北西西向或东西向的边界断裂为宁河—宝坻断裂、昌黎断裂、齐河—广饶断裂、三门峡—焦作—商丘断裂。盆地由6个相对独立的拗陷构成, 北部为辽河拗陷, 中部包括渤中拗陷、济阳拗陷、黄骅拗陷、冀中拗陷, 南部为临清拗陷。其中在辽河、黄骅、济阳等拗陷现已钻遇新生代火山岩。

苏北盆地是苏北—南黄海盆地的陆上部分, 北邻鲁苏隆起, 南邻苏南隆起。盆地内部的滨海隆起和海上的中部隆起相连; 陆上的盐阜拗陷、东台拗陷向海域延伸与南部拗陷相接; 这些隆起、拗陷与海域的北部拗陷, 陆上的建湖隆起共同组成了统一的苏北—南黄海盆地。苏北盆地的许多重要构造特征直接受到郯庐断裂的控制, 其构造走向近郯庐断裂处为北东向, 远离后转为北东东到近东西向; 这种展布规律与郯庐断裂的活动性质密切相关。苏北盆地北界控盆断裂为淮阴—响水断裂, 是鲁苏隆起和苏北

收稿日期: 2003-02-28

基金项目: 国家教育部博士点科学基金项目(200001870); 国家教育部留学回国人员科研启动基金资助

作者简介: 宋维海(1970-), 男, 山东莒南人, 博士研究生, 主要从事石油地质和构造地质研究。

通讯联系人: 张兴洲(1954-), 男, 吉林白城人, 教授, 博士生导师, 主要从事岩石学与深部构造研究, E-mail: zhang863@mail.jlu.edu.cn

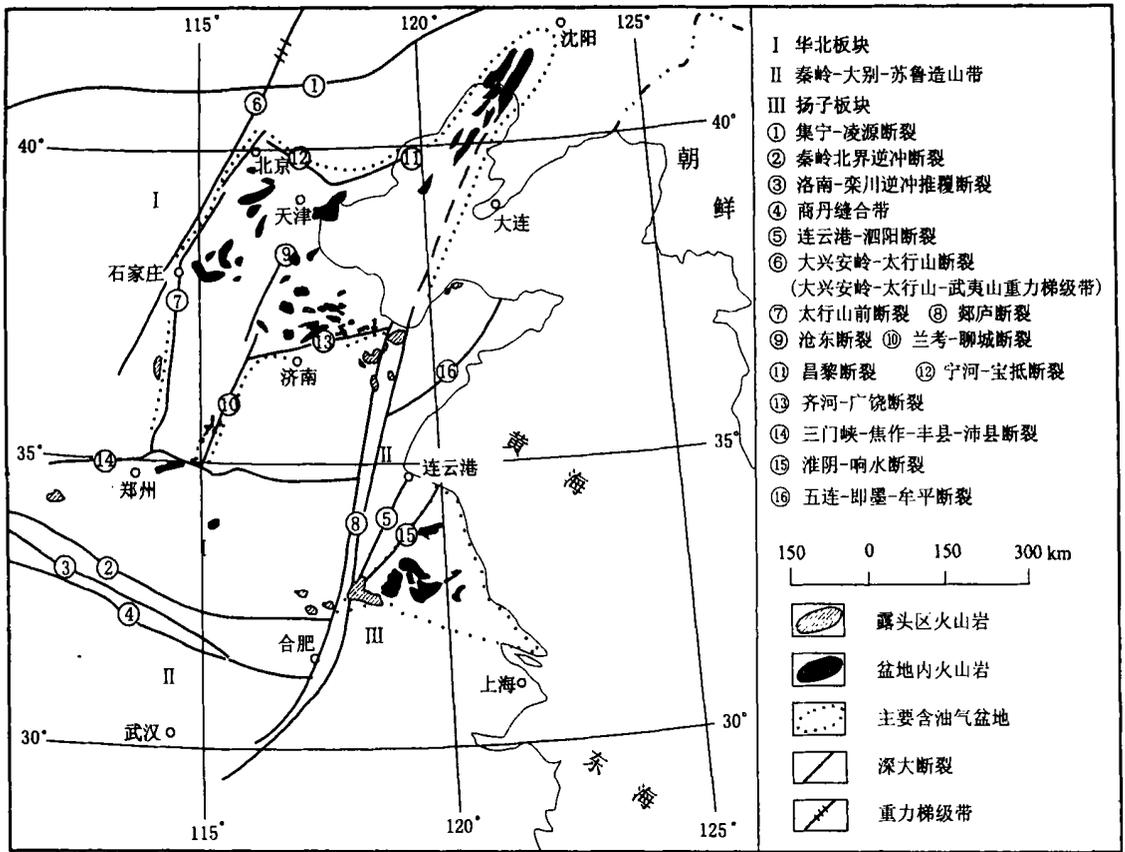


图 1 中国东部陆缘中区第三纪火山岩分布与主要控盆断裂关系图

Fig. 1 Relationship between distribution of Tertiary volcanic rocks and primary basin-controlling faults in the middle continental margin from eastern China

盆地的分界线, 断裂走向北东, 形成于印支期, 燕山期至喜山期继续活动; 南界控盆断裂由四段组成, 自西向东为杨村、六合、江都-吴堡、海安-南港断裂。

渤海湾盆地构造形成和发展具有明显的阶段性, 继承、扭动和重力是构造形成的主导因素。综合各油区的构造研究成果可以看出, 始新世沙四段末期和渐新世末期的两次构造运动对盆地内构造的形成发展具有关键的意义。沙四段末期的膏盐沉积标志着湖盆的收缩, 喜山运动一幕(济阳运动)以大面积分布的不整合在地层记录中留下了明显的印记, 使大多数坳陷的沉积-构造格局发生了根本的改变。发生在东营组末期的喜山运动二幕(东营运动), 使渤海湾盆地经历了又一次剧烈的构造变动, 其最大的特点是产生了大量的断层, 并且在盆地内部和周边地区伴随有大规模的火山喷发^[8, 9]。

从大量地震剖面资料看^[10], 苏北盆地上、下

第三系间、下第三系中的戴南组和阜宁组间、下第三系与白垩系间, 分别存在 T^{02} 、 T^{03} 、 T^{043} 3 个明显的不整合面反射, 结合钻井等地质资料分析, 它们分别为三垛运动、吴堡运动和仪征运动的反映。按照构造活动、地震反射结构、深浅层构造关系和地层特征, 第三系可划分 3 个构造层, 即下第三系泰州组-阜宁组构造层、下第三系戴南组-三垛组构造层和上第三系盐城组构造层^[11]。

2 火山岩分布与旋回期次

2.1 第三纪火山岩的时空分布

研究区的第三纪火山岩除在华北及苏北两个裂陷盆地中已证实有众多隐伏的玄武岩外, 主要沿郑庐断裂带及其两侧出露, 且较集中于 3 个地区(图 1)。火山岩及含火山岩地层详见表 1。

表 1 中国东部陆缘中区第三纪火山岩地层对比表

Table 1 Correlation of Tertiary volcanic rock stratigraphy in the middle continental margin from eastern China

界	系	统	代号	年龄 /Ma	华北地区		山东地区		河南地区		安徽地区	江苏地区					
							鲁西地层分区		华南地层大区	洛阳—汝州盆地	下扬子地层分区	徐淮地层分区	下扬子地层分区				
新 生 界	上 第三系	上新统	N ₂	2.6	壶流河组 (N ₂ h)	明化镇组 (N ₂ m)hv	尧山组 (N ₂ y)v	栖霞玄武岩组 (N ₂ q)v	凤凰镇组 (N ₂ f)	大安组 (N ₂ d)v	桂五组 (N ₂ g)v	宿迁组 (N ₂ s)	盐城组 (N ₂ c)hv	方山组 (N ₂ f)v			
				5.3	汉诺坝组 (N ₁ h)v	馆陶组 (N ₁ g)hv	山旺组 (N ₁ s)v				洛阳组 (N ₁ l)			花果山组 (N ₁ h)	下草湾组 (N ₁ x)hv-v	雨花台组 (N ₂ y)v	
		中新统	N ₁	23.3		东营组 (E ₃ d)hv	官庄组 (E ₂ z)g			黄县组 (E ₂ z)h	上寺组 (E ₃ s)	石台街组 (E ₃ s)		官庄群 (E ₂ z)g	三垛组 (E ₃ sd)hv		
				32	长辛店组 (E ₂ c)hv	沙河街组 (E ₂ s)hv					核桃园组 (E ₂ h)hv	蟒川组 (E ₂ m)			张山集组 (E ₂ z)	戴南组 (E ₂ d)hv	
		下 第三系	始新统	E ₂	56.5		孔店组 (E ₂ k)hv				玉皇顶组 (E ₁ y)	舜山集组 (E ₁ s)					阜宁组 (E ₁ f)hv
					65												
	古新统		E ₁														

hv. 含火山岩地层; v. 火山岩地层

2.1.1 研究区第三纪野外露头火山岩

胶东北部蓬莱—栖霞一带, 火山岩呈熔岩台地及火山穹丘构成一集中分布区, 称之为蓬莱火山群。鲁中的临朐—潍坊及沂水—安丘一带是另一集中出露区, 亦由一些熔岩台地及火山穹丘构成一集中分布区, 称之为昌乐—沂水火山群。苏北平原西部与郯庐断裂带之间出露一片分布较广的新生代火山岩, 由规模较大的熔岩台地及众多的火山穹丘所组成, 呈北西向出露于安徽省嘉山县至江苏省仪征县之间, 称之为嘉山—六合火山群。此外, 沿下扬子破碎带两侧零星出露有铜城闸、关门镇、斧山、江宁方山等火山穹丘; 在一些新生代断陷盆地(如句容、金坛、广德—宣城、合肥、怀宁等)的边缘有零星或成带出露的熔岩残丘及火山穹丘^[12]。

2.1.2 研究区隐伏的第三纪火山岩

渤海湾盆地下辽河、黄骅、济阳等拗陷, 东濮拗陷均发育第三纪火山岩, 主要层位有孔店组、沙河街组、东营组、馆陶组和明化镇组。济阳拗陷第三纪火山岩从最下部古新世孔店组一直到上新世明化镇组均有发育。从平面上看, 总的趋势是火山岩主要沿大断层或地层薄弱带呈东西向成群成带分布, 从西向东火山岩由老到新。东濮拗陷火山岩主要发育在沙河街组、东营组, 沿兰聊断裂呈北北东向展布。辽

河拗陷主要发育房身泡期、沙河街期、东营期和馆陶期火山岩, 火山岩均沿北东向断裂带状展布, 每个凹陷都有一个喷发中心, 东部凹陷较西部凹陷火山岩更为发育。

苏北盆地发育第三纪火山岩的层位有泰州组、阜宁组、戴南组、三垛组和盐城组, 其中泰州组、垛一段和盐二段玄武岩规模最大, 各期火山岩在平面分布上自西向东有早第三纪时有老到新、晚第三纪时由新到老分布的特点。

2.2 火山事件旋回期次的划分

根据研究区各地区、各时代岩浆活动的特征及与构造层的关系, 可将第三纪火山岩划分为 3 个旋回, 它们分别是早第三纪早期旋回、早第三纪晚期旋回和晚第三纪旋回。另外统计中国东部地区新生代构造-火山事件年龄分布(图 2), 分析构造-火山事件与构造-火山活动、盆地演化的关系, 可以看出, 中国东部第三纪发育 5 期构造-火山事件高峰, 分别发生在 58~46 Ma、38~36 Ma、26~24 Ma、20~16 Ma、8~4 Ma^[13]。中国东部及邻区新生代早期 58~46 Ma 构造-火山事件高峰对应于东海与南海盆地快速裂陷与东部大陆新生代早期玄武岩喷发事件, 相当于泰州期、阜宁期和孔店期, 属于第一旋回; 38~36 Ma 构造-热事件高峰对应于喜马拉雅 I 幕发

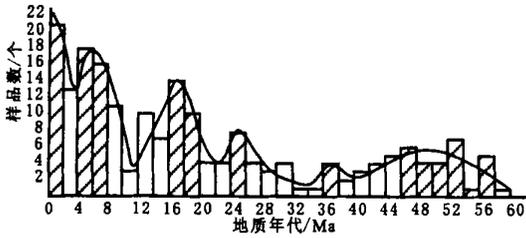


图2 中国大陆及邻区大地构造-火山事件年龄统计分布^[12]

Fig. 2 Statistic distribution of isotopic ages of tectonic-volcanic events from eastern China continent and its adjacent areas

生时代和华北、苏北盆地开始裂陷与陆内玄武岩喷发事件, 相当于沙河街期、戴南期和核桃原期, 属于第二旋回早期; 26~24 Ma 构造-热事件高峰对应于喜马拉雅 II 幕与台北期夷平面解体时代, 相当于东营期和三垛期, 属于第二旋回晚期; 20~16 Ma 对应于碱性玄武岩喷发高峰发生时代, 相当于山旺期、汉诺坝期、馆陶期和盐城早期, 属于第三旋回早期; 8~4 Ma 对应于喜马拉雅 III 幕与唐县期夷平面解体时代, 相当于明化镇期、尧山期、大安期、桂五期、雨花台期和方山期, 属于第三旋回晚期。

2.3 火山岩分布特征

研究区内新生代火山岩的空间分布总的来看与所在构造单元的主构造线方向一致: 位于华北及苏北平原下隐伏火山岩的分布主要为北东向; 位于郯庐断裂带内的火山岩呈北北东向分布; 位于郯庐断裂带近侧的火山岩则呈北西向分布于同方向的一些断陷带或破碎带中; 位于扬子断块上, 火山岩的分布

主要受北东向断裂的控制; 而零星出露于一些小断陷盆地中的火山岩其分布则受形成盆地断裂的控制。

3 构造-火山事件与盆地演化的关系

火山活动和沉积盆地都是大地构造运动的产物, 火山活动是大地构造运动将地球深部物质涌溢到地球表层的地质现象, 而沉积盆地是因大地构造运动使地球表层的地壳沿深断裂发生沉降和沉积的地质现象, 两种地质现象都是由同一种地质事件引发的响应。中国东部陆缘中区第三纪火山活动强烈, 火山作用伴随盆地演化的全过程。综合渤海湾、苏北盆地的构造演化和火山岩发育特征, 可将我国东部新生代裂谷盆地划分为以下几个发育阶段(图 3):

区域上隆阶段 在盆地形成的起始阶段, 地壳隆起, 地幔物质上升形成地幔垫, 随着断裂活动的发生, 形成一系列拉张断裂(图 3b), 沿断裂破碎带常有小规模中酸性岩浆、火山活动。火山作用较弱, 为后期形成“先火后沉”的时间配置层序奠定了物质基础。

早期强烈张裂阶段 盆地进入断陷阶段后初期, 主要受基底断裂的控制。由于新生代地层的不断加厚, 逐渐向重力断层转化, 并自上而下地发展。初期及中期小断层并未能与基底断裂相沟通, 形成整体沉陷的地堑群体(图 3c)。火山岩只发育在盆地雏形的边缘断裂带上。由于差异升降运动的不断加大, 沉降速率小于沉积速率, 断陷中心常堆积巨厚的类磨拉石组合和火山-红色砂泥岩组合, 不利于生

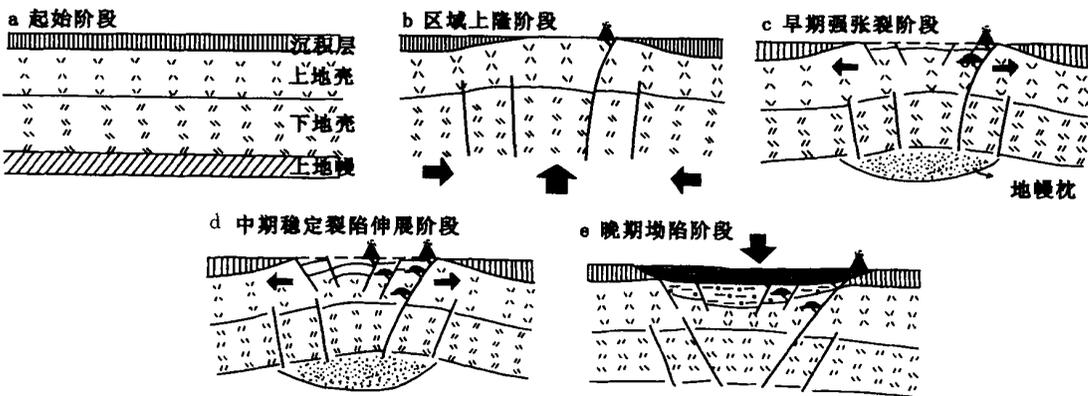


图3 构造-岩浆活动与断陷盆地演化关系示意图

Fig. 3 Relationship between tectonic magmatic activities and faulted basin evolution

物的繁衍和生油岩的发育。

中期稳定裂陷伸展阶段 由强烈差异升降演化为快速稳定沉降, 盆地演化呈现以下特点: 一是周边山地大部分夷为低缓丘陵, 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; 二是沉降速率大于沉积速率, 水体较深并具有分层结构; 三是深大断裂带往往成为水下火山喷溢活动的通道, 在暗色砂泥岩中夹有较多的火山岩体, 形成典型的火山-沉积二元结构, 非常有利于生油岩、储集层的发育(图3d)。如渤海湾盆地沙三段发育非补偿的以富含有机质物质暗色泥岩为主的沉积岩层, 泥岩厚度可达上千米, 成为主要烃源岩的发育时期, 而且该时期火山岩也较为发育。

晚期拗陷阶段 由于岩石圈的热松弛及重力均衡调整使裂陷盆地整体下沉, 盆地开始由断陷阶段转化为拗陷阶段。这一时期随着拉张活动渐次减弱, 火山活动也渐次减弱或停止, 仅在少数断裂交汇处仍有小规模火山活动, 标志着深部热活动衰减(图3e)。断陷盆地的形成使得上地幔受到的压力极不平衡, 破坏了地下岩浆物质原有的平衡状态, 地下岩浆物质的重新分配, 使得岩浆沿断层上溢。断陷盆地的形成过程, 也就是地下岩浆物质能量的积累过程, 构造运动的初期应力的积累尚属于初级阶段, 或处于一触即发的状态, 以后如有一次微小的运动也足以形成一次大规模的岩浆活动, 直到新的应力平衡状态为止。断裂活动的规模越大断陷形成越深; 上地幔岩浆物质受到的差异压力越大, 岩浆活动的规模也就越大。

4 构造、火山活动与油气

研究表明, 构造、火山活动与油气具有密切的关系, 控制着盆地内油气的生成、运移、聚集和保存。盆地内生油岩的形成和演化往往与同沉积期的火山喷溢活动密切相关, 断陷盆地主力生油岩中普遍存在基性火山岩, 这些火山岩不仅可以形成储集油气的储层, 而且岩浆、火山的无机高温气液对生油岩还具有加温、加氢和催化作用^[14], 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^[15]。

火山岩油气藏主要发育在盆地深层的火山岩-沉积岩序列中, 火山岩-沉积岩互层系列往往出现在盆地充填的早中期。由于火山活动是构造运动的表现形式, 火山岩主要充填于盆地的断陷层序内, 所以成盆早期的火山作用代表地壳拉张和盆地断陷的开

始。火山期后的热沉降作用是导致断陷内部出现沉积岩的主要机制, 水下火山喷发-溢流活动是断陷盆地主力生油岩形成的有利因素, 如太平洋中脊的洋底火山喷发-溢流活动周围发现了大体型变异水生生物及烃类^[16], 说明这种环境有利于提供丰富的有机质来源。火山-断陷成盆期, 湖相泥质岩与火山岩呈垂向和侧向的互层状接触关系, 是导致火山岩油气藏形成的主要因素。

参考文献:

- [1] 漆家福, 陆克政, 张一伟, 等. 渤海湾盆地区新生代构造与油气的关系[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1995, 19(增刊): 7-13.
- Qi Jiafu, Lu Kezheng, Zhang Yiwei, et al. Cenozoic tectonic evolution in Bohai bay basin province[J]. Journal of the University of Petroleum, 1995, 19(Sup.): 7-13.
- [2] 李德生. 中国东部含油气盆地的构造特征[J]. 石油勘探与开发, 1982, (2): 1-13.
- Li Desheng. Tectonic characteristics of oil-bearing basins in east China[J]. Petroleum Exploration and Development, 1982, (2): 1-13.
- [3] 陈发景, 汪新文. 中国中、新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): 409-424.
- Chen Fajing, Wang Xinwen. Genetic types, tectonic systems and geodynamic models of Mesozoic and Cenozoic oil and gas bearing basins in China[J]. Geoscience, 1997, 11(4): 409-424.
- [4] 马杏垣, 刘和甫, 王维襄, 等. 中国东部中、新生代裂陷作用和伸展构造[J]. 地质学报, 1983, 57(1): 22-32.
- Ma Xingyuan, Liu Hefu, Wang Weixiang, et al. Meso-Cenozoic taphrogeny and extensional tectonics in eastern China[J]. Acta Geologica Sinica, 1983, 57(1): 22-32.
- [5] 刘和甫, 梁慧社, 李晓清, 等. 中国东部中生代裂陷盆地与伸展山岭耦合机制[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 477-486.
- Liu Hefu, Liang Huishe, Li Xiaqing, et al. The coupling mechanism of Mesozoic-Cenozoic rift basins and extensional mountain system in eastern China[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 477-486.
- [6] 郭占谦. 火山活动与沉积盆地的形成和演化[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(1): 59-64.
- Guo Zhanqian. Volcanic activity, formation and evolution of sedimentary basin[J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 1998, 23(1): 59-64.
- [7] 张勤文, 黄怀曾. 中国东部中、新生代构造-岩浆活

- 史[J]. 地质学报, 1982, 56(2): 111 - 122.
- Zhang Qinwen, Huang Huaizeng. The evolution of magmato-tectonic activation of the Meso-Cenozoic era in eastern China[J]. Acta Geologica Sinica, 1982, 56(2): 111 - 122.
- [8] 帅德福, 王秉海, 陈余康, 等. 中国石油地质志(卷六)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1987. 51 - 56.
- Shuai Defu, Wang Binghai, Cheng Yukang, et al. Petroleum geology of China (Vol. 6) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1987. 51 - 56.
- [9] 田克勤, 于志海, 冯明, 等. 渤海湾盆地第三系深层油气地质与勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000. 18 - 38.
- Tian Keqin, Yu Zhihai, Feng Ming, et al. Oil and gas geology and exploration of lower Tertiary deep strata in Bohai bay basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000. 18 - 38.
- [10] 邵正奎, 孟宪禄, 王洪艳, 等. 松辽盆地火山岩地震反射特征及其分布规律[J]. 长春科技大学学报, 1999, 29(1): 33 - 36.
- Shao Zhengkui, Meng Xianlu, Wang Hongyan, et al. The seismic reflection features and the distribution law of volcanic rocks in Songliao basin[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 1999, 29(1): 33 - 36.
- [11] 介霖, 朱儒勋. 中国石油地质志(卷八)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1987. 124 - 135.
- Jie Lin, Zhu Ruxun. Petroleum geology of China (Vol. 8)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1987. 124 - 135.
- [12] 吴利仁. 华东及邻区中、新生代火山岩[M]. 北京: 科学出版社, 1984. 225 - 229.
- Wu Liren. Meso-Cenozoic volcanic rocks in east China and its adjacent areas[M]. Beijing: Science Press, 1984. 225 - 229.
- [13] 吴珍汉, 吴中海, 江万, 等. 中国大陆及邻区新生代构造——地貌演化过程与机理[M]. 北京: 地质出版社, 2001. 32 - 36.
- Wu Zhenhan, Wu Zhonghai, Jiang Wan, et al. Cenozoic tectonic-landform evolution and mechanism in China continent and its areas[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001. 32 - 36.
- [14] Ken Bailey. Volcanic activity of the continual degassing of the earth[J]. New Scientist, 1979(2): 247 - 253.
- [15] 金强, 熊寿生, 卢培德. 中国断陷盆地主要生油岩中的火山活动及意义[J]. 地质论评, 1998, 44(2): 136 - 142.
- Jin Qiang, Xiong Shousheng, Lu Peide. Volcanic activity in major source rocks in faulted basins of China and its significance[J]. Geological Review, 1998, 44(2): 136 - 142.
- [16] Kenvolden K A. Hydrothermally derived petroleum: examples from Guaymas basin, gulf of California and Escanaba trough, North-East Pacific Ocean[J]. AAPG Bull, 1979, 74(3): 438 - 452.

TERTIARY TECTONIC-VOLCANIC EVENTS IN THE MIDDLE CONTINENTAL MARGIN FROM EASTERN CHINA AND THEIR CONTROL OVER OIL-BEARING BASINS

SONG Wei-hai, ZHANG Xing-zhou, WANG Pu-jun

(College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: In the middle section of the eastern China continental margin, there are five tectonic-volcanic peaks in Tertiary, they are 58 ~ 46 Ma, 38 ~ 36 Ma, 26 ~ 24 Ma, 20 ~ 16 Ma and 8 ~ 4 Ma respectively. The lithology of volcanic rocks formed in these periods is fairly simple, mostly being basalt. Associated with rift action, most of volcanic rocks are buried under the Cenozoic oil-bearing fault basins and only Paleocene, Miocene and Pliocene volcanic rocks are exposed in the field. It has been showed that volcanism exists through the entire course of the basin's evolution. Volcanic rocks in the early period of basin formation marks the beginning of rift volcanism. Volcanism is relatively intense in the middle period of basin formation. Not only great deal of volcanic rocks, large amount of source rocks also were formed. In the late period of basin formation volcanism is weak. The centers of Cenozoic volcanism also are frequently the centers of basins in which much oil and gas were accumulated.

Key words: Tertiary; tectonic-volcanic event; oil-bearing basin