

苏皖沿江火山岩盆地 燕山期深部构造—热作用与无机气藏

范小林

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所,江苏 无锡 214126)

摘要:苏皖沿江带展布的中生代火山岩盆地与燕山期构造活动所造成的大规模岩浆喷溢、侵入和火山作用密切相关。根据火山岩盆地勘探地球物理资料,关注盆地发育过程中的深部构造—热作用及其地质响应,探讨沿江一带火山岩盆地内部勘探、发现非常规新能源的可能性,进而展望火山岩盆地无机气藏勘探潜力。

关键词:无机气藏;火山岩盆地;深部构造—热作用;苏皖沿江带

中图分类号:TE121.3

文献标识码:A

Deep tectonic-thermal effects and inorganic gas reservoirs during Yanshanian period in volcanic basins along Yangtze River in Jiangsu and Anhui provinces

Fan Xiaolin

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China)

Abstract: The Mesozoic volcanic basins along the Yangtze River in Jiangsu and Anhui provinces are closely related with large-scale magmatic eruption, intrusion and volcanism caused by the Yanshanian tectonic movement. According to geophysical data, deep tectonic-thermal effect during basin evolution and its geologic response are studied. The possibility for the discovery and exploration of unconventional new energy in the volcanic basins along the Yangtze River is discussed, and the potential for inorganic gas reservoirs in the volcanic basins is prospected.

Key words: inorganic gas reservoir; volcanic basin; deep tectonic-thermal effect; area along Yangtze River in Jiangsu and Anhui provinces

苏皖沿江一带中生代岩浆活动在燕山期的晚侏罗世—早白垩世为鼎盛时期。相应发育的火山岩盆地的分布,明显地受区域性北北东向走滑断裂控制(图1)^[1]。盆地边缘出露的侵入岩和火山岩,多为岩株式侵入和裂隙式喷发为主,年代大致在132~126 Ma。作者以为,在火山岩盆地发育过程中,伴随岩石圈深部构造—热作用,来自深部热液流体或二氧化碳气体也被带到地壳浅部。因此,开展火山岩盆地非常规能源预测与勘探潜力评价,具有重要意义。

1 岩浆作用

1.1 岩浆作用的磁异常响应

从岩石磁性特征可以看出,苏皖地区的火山熔

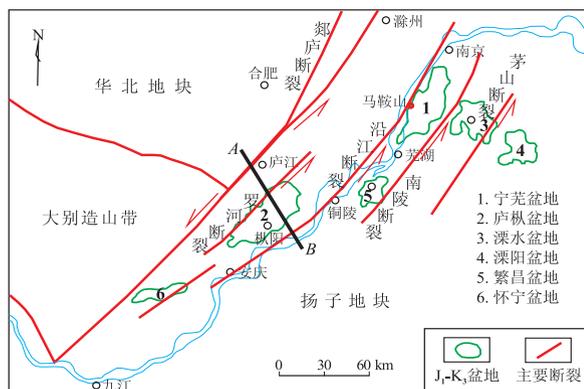


图1 苏皖沿江带晚侏罗世—早白垩世火山岩盆地分布略图
据文献[1]略作修改。

Fig.1 Distribution of volcanic basins from Late Jurassic to Early Cretaceous in area along Yangtze River in Jiangsu and Anhui provinces

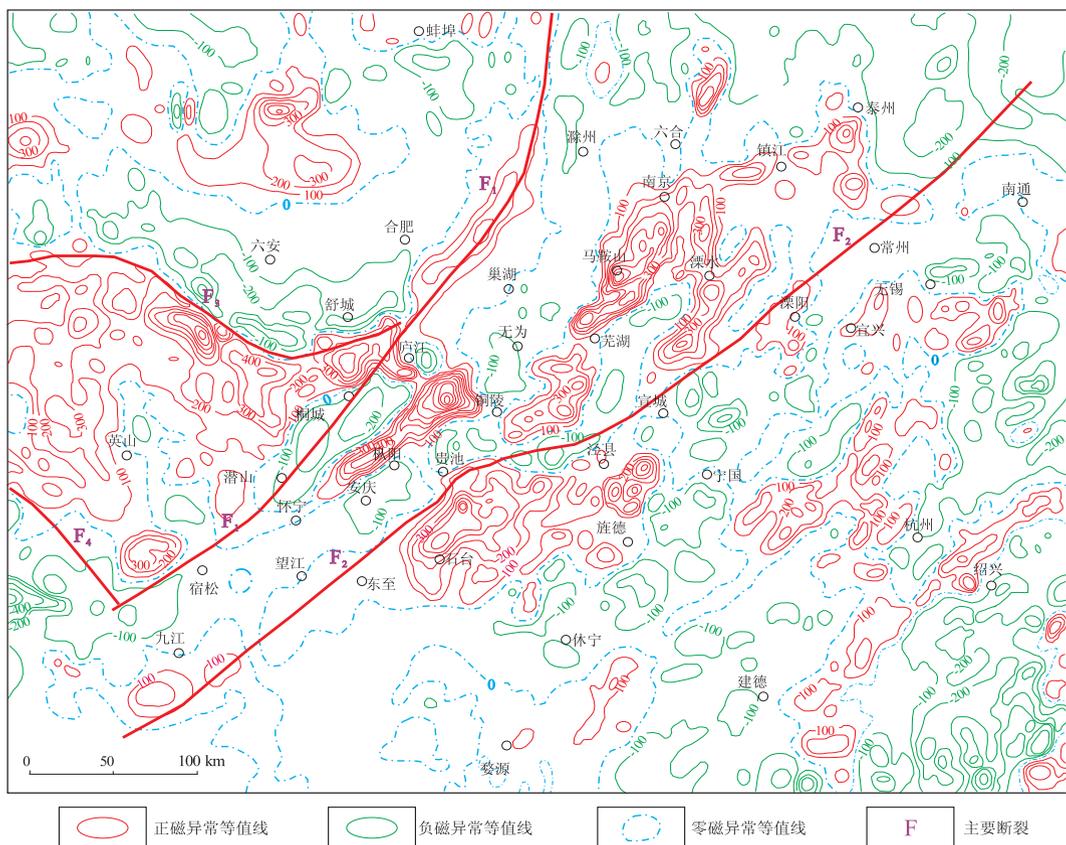


图2 苏皖沿江带及邻区航磁化极异常

图中等值线单位:nT。

F₁. 郟庐断裂;F₂. 泾县断裂;F₃. 晓天断裂;F₄. 襄广断裂

Fig.2 Airborne magnetic pole map of area along Yangtze River and neighboring area in Jiangsu and Anhui provinces

岩或火山岩磁性变化较大^[2]。侵入岩类磁性较强,尤其沿江地带出露的火山岩系和来自深部岩石圈地幔的辉石二长岩、辉石闪长岩等侵入岩体,是引起该地区中、强磁异常分布的主要因素。

在地球物理场响应上,从航磁化极异常图(图2)可以看出:在南京、马鞍山、芜湖、铜陵、安庆一带的沿江地区,分布多个北东—北北东向的带状正磁异常圈闭。异常幅值一般为490~840 nT,最强异常的幅值超过1 000 nT。它们与沿江地区一系列呈北东—北北东向展布的陆相火山岩盆地相对应。正、负磁异常变异带,也常常与北东—北北东走向的主干断裂带相对应,呈条带状展布。这反映了火山活动及侵入岩分布与所处的板内构造活动带(如郟庐断裂体系)位置紧密相关。

1.2 岩浆作用

地表地质或井下岩浆岩和火山岩的岩石地球化学研究表明^[3-4],它们大都来自于岩石圈中、下地壳和深部岩石圈地幔,大都为中、酸性侵入岩,部分为中、基性侵入岩。表明当时岩石圈尺度的构造作用(如主干深大断裂的生成)、岩浆作用(岩浆沿

断裂向上侵位或喷出)较为频繁。岩石年代学数据表明,它们形成的主要地质年代为白垩纪。岩浆活动从深部带来巨量的成矿物质,富集后形成沿江铁、硫、铜等成矿带。

大地电磁测深数据表明,深度为50~60 km的软流圈热柱,在该地带的郟庐断裂、连黄断裂、长江断裂带的岩石圈地壳下部和岩石圈地幔上部仍有残留,呈低速(5.8~6.0 km/s)、高导($\leq 10 \sim 20 \Omega \cdot m$)、高温(500℃~600℃)等地球物理特征^[5-6],它们代表了岩石圈内超临界流体的相对富集。

依据岩石圈热力学衰减原理,一定体积的深部构造痕迹,可以残留200~300 Ma之久^[7]。据此推断,当今岩石圈内部深大断裂与层圈内部软弱层交汇处的残留的热流液体,至少部分是代表了中生代深部构造—热流活动(减压、增温作用)的痕迹。

2 构造—热作用机制与响应

2.1 构造—热作用机制

在沿江地带,侏罗纪和白垩纪的构造—热作用地表迹象,即早侏罗世—中侏罗世中、酸性侵入岩,

晚侏罗世—早白垩世火山碎屑岩,广泛出露在下扬子苏皖南褶皱带内。起源于中地壳或莫霍面附近的大规模中、酸性岩浆活动,以及岩石圈地幔区域性热隆—伸展—减薄作用,岩石圈地幔羽形成、地幔底辟上升或热地幔上涌,控制了岩石圈内相对较高的热异常,与中国东部岩石圈“变薄”的主要时期燕山期^[8-9]相一致。

构造—热作用的动力机制,主要来自古太平洋板块相对东亚大陆的北东向移动,当构造应力传递到含中国大陆东部在内的板缘,出现的构造效应就产生北东“左旋剪切”断裂体系,这类张扭性断裂体系,控制了断裂活动带两侧“拉分断陷”盆地在沿江一带的线性展布(图3)。

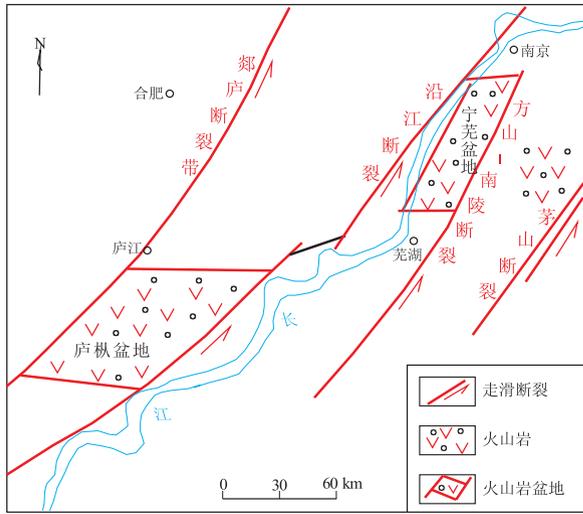


图3 苏皖沿江地带晚侏罗世—早白垩世拉分盆地

Fig.3 Pull-apart basins from Late Jurassic to Early Cretaceous in area along Yangtze River in Jiangsu and Anhui provinces

中生代期间各个盆地内部含火山岩在内的碎屑岩沉积地层岩性、残存厚度出现差异,是由于断裂的右行、左行的交替运动,以及在深部构造—热活动控制下,近地壳浅部正断层切割地壳,深部介质热隆上升,它们贯穿在沉降与隆升相伴生的全过程之中(图4)。

2.2 构造—热作用响应

通过对下扬子地区的区域地球物理资料发现^[5-6],该地区在燕山期的地壳厚度基本上都在30~50 km,岩石圈厚度在70~90 km。

随岩石圈地幔上隆底辟作用和富含卤素、碱金属、氢、碳(甲烷、一氧化碳、二氧化碳)的岩浆侵位到地壳薄弱岩石层中,入侵的地幔流体,在地球物理学上表现为低速、高导、高温异常的特征;在地壳内部,表现为壳内富含热流体的“减压熔融层”,在地壳内部产生高温变质作用,导致岩石层从具有偶磁性向下转为无偶极磁性,部分岩石层岩相发生相变。

中生代时期的岩浆作用,不仅使岩石圈地壳发生伸展—张裂作用,热流体或岩浆侵位于其中的同时,可以直接释放二氧化碳气体,而且岩石圈地幔热流体带来的地热,使地壳内部岩石产生高温—热变质作用,同样也产生二氧化碳气体。

3 成藏条件与机制

3.1 深部气源

沿江火山岩盆地群的发育,受控于北东—北北东走向块体内部构造与圈层界面滑脱造成的断裂体系,伴随断裂开启、减压增温响应作用,频繁的岩浆侵入作用,幔源流体、气体上升强烈,导致充裕的

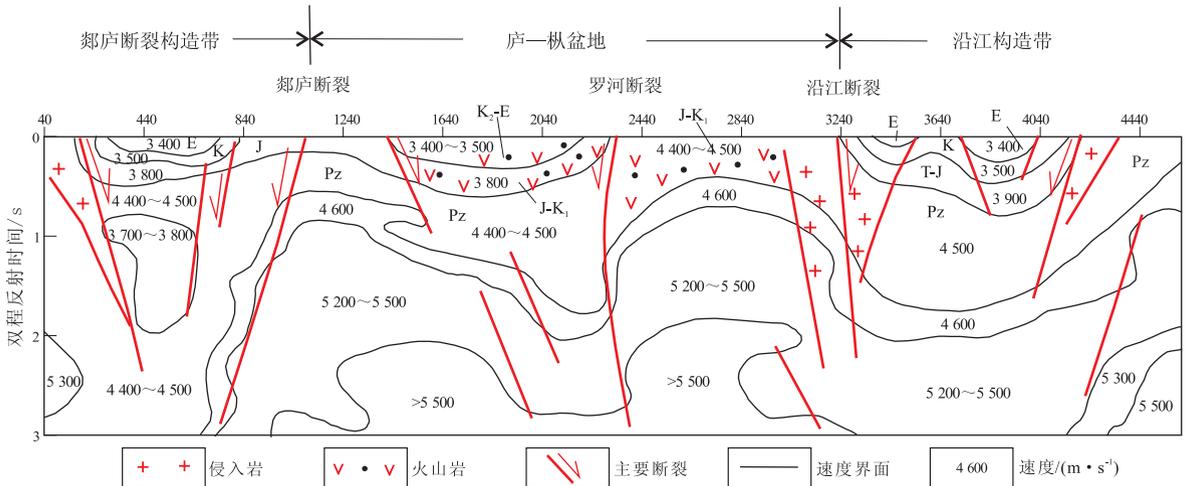


图4 浅部地震速度解释剖面
剖面位置见图1中A-B线段,据文献[8]插图解释。

Fig.4 Interpretation section of seismic velocity on shallow crust

无机气体供给。此类幔源气体一般都和壳源气体组分复合(如二氧化碳气),可以在地壳浅部盆地内聚集成藏。

3.2 赋存条件

伴随深部岩浆上涌运动和岩浆侵入作用,以及构造—热动力和区域热变质作用,使围岩遭受破坏,沉积地层节理、裂隙发育,同时增大了沉积地层中微观孔隙和宏观孔隙的数量,留下很多密集成群的浑圆状或管状气孔,提高了储层的孔隙度。

岩浆侵入是地层先加热后冷却,在地层加热时产生挤压应力,在地层的薄弱处形成裂隙,当地层冷却时,地层收缩在局部可以形成张裂缝,并且先期形成的裂缝张开,提高了地层的导流能力,同时也改善了地层的储集性能。尤其是对于盆地下伏的古生界海相碳酸盐岩形成“缝、洞、孔”裂隙性储集体极为有利。

3.3 成藏机制

沿江火山岩盆地是一个沿北东向郟庐断裂体系向东发育的火山岩盆地群,郟庐断裂是一条切穿莫霍面的深大断裂,近似直立,其东侧含长江断裂在内的系列北东—北北东向断裂,是引导地幔流体和岩浆上涌和喷发的通道,沿江成矿带大致沿断裂带展布(图4)。

通过宁镇地区野外地质调查,可识别出早白垩世中期北西西—南东东向(北北东—南南西向挤压)构造拉伸应力场,表现出燕山运动在下扬子区的构造活动痕迹。该时期火山活动强烈,持续的时间约8~10 Ma。长时间的火山喷发和岩浆侵入活动,从深部带来巨量的成矿物质。

从成盆动力学机制看,上地幔隆升,莫霍面浅埋的同时,导致裂(断)陷盆地或火山岩盆地的形成。在这些盆地形成的同时,由于断裂活动,使大量幔源热流液体和壳源复合气体侵入上地壳内部和形成的盆地之中,盆地下伏的古生界“褶皱隆起”岩石层(海相碳酸盐岩)裂缝、裂隙体系或中生界火山岩储集体,可以有效圈闭无机成因的二氧化碳气。

4 无机气藏勘探展望

燕山运动早、中期,下扬子地区处于“构造挤压—伸展交替变化二元发展阶段”^[9-10]。燕山期的深部构造—热活动频繁,岩浆活动过程中的热流与古生界碳酸盐岩接触而发生蚀变,为形成无机变质成因二氧化碳创造了条件;而断裂存在既为变质

成因的二氧化碳气体,又为深部幔源二氧化碳气体运移提供了通道。来自深部的气体,在沿断裂运移过程中,经过古生界地层,捕获了少量由古生界源岩生成的有机烷烃气和凝析油,尔后一并在断裂附近或有利的储集体中圈闭富集成藏。

下扬子地区,已经发现并开发的黄桥二氧化碳气藏,位于苏北盆地南面的黄桥斜坡带上复背斜高位圈闭中^[11]。构造主要形成于燕山期,定型于喜马拉雅期。主要产层为下二叠统栖霞组晶洞裂隙(缝)型石灰岩和上泥盆统五通组孔隙型砂岩。

江苏、安徽沿江地带,位于江南隆起北侧,经构造变格改造的古生界海相地层发育,上叠中生代火山岩盆地,地层中裂隙、孔隙发育,比照中国东部(松辽、辽河、黄骅、济阳、苏北和三水盆地)已发现的无机气藏,该地区的无机气藏勘探开发前景不可忽视,开发无机气藏将具有工业价值和巨大的社会效益。

致谢:在本文的成文过程中,受到高长林教授、陆建林教授思路的启发,并得到高长林教授的亲自指教,特此致谢。叶德燎和徐文明两同志对本文提出了许多宝贵中肯的修改意见,使本文避免了不少错误,特此感谢他们的指正和重要的建议。

参考文献:

- [1] 周涛发,范裕,袁峰,等.长江中下游成矿带火山岩盆地的成岩成矿作用[J].地质学报,2011,85(5):712-730.
- [2] 周新华.中国东部中、新生代岩石圈转型与减薄研究若干问题[J].地学前缘,2006,13(2):50-65.
- [3] 万天丰,王亚妹,刘俊来.中国东部燕山期和四川期岩石圈构造滑脱与岩浆起源深度[J].地学前缘,2008,15(3):1-35.
- [4] 邓晋福,赵海玲,莫宣学,等.中国大陆根—柱构造:大陆动力学的钥匙[M].北京:地质出版社,1996.
- [5] 范小林.中国大陆岩石圈与中生代盆地构造—热体制[J].勘探地球物理进展,2005,28(6):330-334.
- [6] 陈沪生.下扬子地区HQ-13线的综合地球物理调查及其地质意义[J].石油与天然气地质,1988,9(3):211-222.
- [7] 邢集善,杨巍然,刑作云,等.中国东部深部构造特征与矿集区关系[J].地学前缘,2007,14(3):114-130.
- [8] 董树文,高锐,吕庆田,等.庐江—枞阳矿集区深部结构与成矿[J].地球学报,2009,30(3):279-284.
- [9] 朱光,王道轩,刘国生,等.郟庐断裂带的演化及其对西太平洋板块运动的响应[J].地质科学,2004,39(1):36-49.
- [10] 朱光,刘国生,李双应,等.下扬子地区盆地的“四层楼”结构及其动力学机制[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2000,23(1):47-52.
- [11] 杨方之,周荔青,郭念发,等.江苏黄桥二氧化碳气田[M].北京:石油工业出版社,2001:127-138.