

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

苏北黄桥地区东吴运动热事件的 有机地球化学证据

王铁冠

(石油大学地球科学系, 北京, 102200)

包建平

(江汉石油学院, 荆州, 434102)

周玉琦

(中国新星石油公司, 北京, 100083)

王金渝 费富安

(地质矿产部华东石油地质局, 南京, 210031)

内容提要 地质事件(Geological events)是地球上短期内突发的非生物变化或事变, 岩浆活动可导致地史中的热事件。本文首次采用多项有机地球化学的分析测试技术, 通过对下扬子盆地黄桥地区一口石油探井的系统研究, 借助于烃源岩的光学(镜质组反射率 R_o 、孢粉颜色指数 SCI)、热学(热解峰温 t_{max})和化学(氢指数 IH、降解潜率 D 以及 H/C 和 O/C 原子比)等特征的异常变化, 确认发生在早二叠世末期的东吴运动热事件的存在, 岩浆浅成—超浅成侵入或喷发活动是热事件的內因。文中初步探讨了该期热事件的地质意义, 在另文中还将进一步剖析这类热事件对黄桥地区凝析油气成因的影响。

关键词 东吴运动 热事件 有机地球化学 江苏北部

原则上每个变化或突变都是一次事件。但是, 就全球的生物学或地质学事变而言, 事件(Events)这个词应该适用于短期异常的变化或事变; 而地质事件(Geological events)则应将地球上突发的非生物事件归成一类, 包括沉积学、火山活动、大地构造学、板块活动、地球化学和海平面的变化事件^[1]。在事件地层学的研究中, 有机地球化学方法尚未见报道。本文首次报道采用多种有机地球化学分析测试技术, 研究下扬子盆地黄桥地区一口石油探井(N-13井)中东吴运动热事件的成果, 在后续文章中, 将进一步探讨这类热事件对黄桥凝析油气的成因关系。

1 地质背景与研究沿革

黄桥地区位于苏北泰州、海安、泰兴、如皋之间, 面积约占 2500 km²; 构造区划上属于下扬子盆地南京坳陷的次级单元, 即黄桥—丁埭低断褶带(图1)。区内上震旦统一上三叠统以海相沉积为主, 为厚逾 6000 m 的碳酸盐岩和碎屑岩组成, 其中已有 10 个层位发现油气显示, 至少在 5 口探井中获得油气流(表1)。此外, 在上覆的上第三系盐城组(N_y)和上白垩统浦口组(K_2p)中, 也发现海相成因油气流。黄桥地区过成熟的凝析油气分别产于志留系坟头组(S_2f , 苏 174 井)和茅山组(S_2m , 苏 174 井)以及上第三系盐城组(N_y , 黄浅 14 井)。

1931 年李四光将南京、龙潭和镇江三处下二叠统栖霞组与上二叠统龙潭组之间的接触关系, 视为不整合, 命名东吴运动^[2]。但是, 长期以来由于地层划分的认识差异, 对东吴运动及上、下二叠统的接触关系众说纷纭, 莫衷一是^[3~8]。胡世忠根据苏南一带的地层观察, 以一层普遍

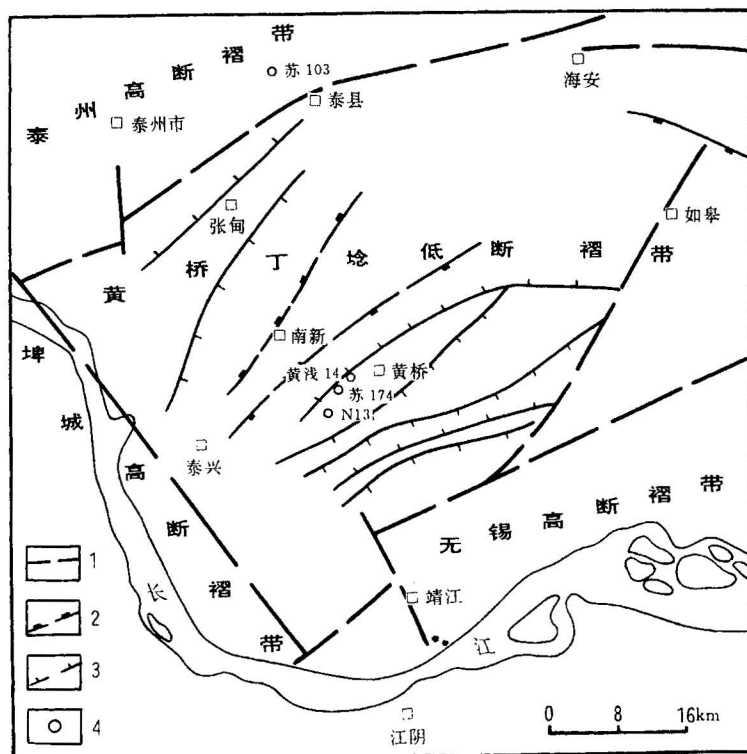


图1 黄桥地区区域构造背景与主要油气探井井位

Fig.1 Regional tectonics and major petroleum exploration wells in the Huangqiao region

1—一级断裂;2—二级断裂;3—三级断裂;4—井位

1—First-order faults;2—second-order faults;3—third-order faults;4—exploration well location

存在的中至粗粒长石英砂岩作为龙潭组底界,重新确定其与下伏的堰桥组/孤峰组之间为区域性的假整合^[4];并进一步从海水进退、沉积旋回、岩相变化、生物变革以及火山活动等事件的分析,推论东吴运动是华南上、下二叠统之间的一次重要的以造陆运动为主的地壳运动^[8]。

岩浆活动是东吴运动的重要表现形式之一,在上、下扬子地区均有表现。罗自立等将上扬子地区早二叠世晚期(相当于孤峰期)至晚二叠世早期(相当于龙潭期),局部延续到晚二叠世中期的“峨眉山玄武岩”喷发活动,厘定为引张性的“峨眉山地裂活动”^[9,10]。据夏邦栋等的研究,下扬子地区下二叠统孤峰组中,发育数十米厚的层状硅质岩,属于海底热水硅质岩,与火山或岩浆晚期热液有关^[11];在硅质岩层间广泛产出众多的泥化火山岩(熔岩和凝灰岩),系火山喷发和海底热泉活动的产物^[12]。此外,上二叠统龙潭组煤系中,也发现玄武岩和流纹岩等次火山岩,U-Pb法年龄测定值分别为231.5 Ma和236.5 Ma^[13],从而表明下扬子地区同样处于地壳引张活动的构造环境中,东吴运动期的频繁岩浆活动,势必对围岩引起一系列热事件,影响有机质的热演化历史。

2 热事件的地球化学实测证据

黄桥地区 N-13 井揭示了下三叠统青龙组(T₃q)—中石炭统黄龙组(C₃h)海相地层剖面,

各组地层的主要岩性、沉积相和地层厚度见表 1。通过对该剖面的有机岩石学、Rock-eval 岩石热解和碳、氢、氧元素等项分析测试,借助于烃源岩镜质组反射率 R_o 、热解峰温 t_{max} 、氢指数 IH、降解潜率 D 以及 H/C 和 O/C 原子比及分子标志物组成等有机地球化学参数,检测出有机质热演化的下述异常现象。

表 1 黄桥地区地层层序与油气显示分布

Table 1 Stratigraphic sequence and oil- and gas-show distribution in the Huangqiao region

地 层					并揭示最大厚度(m)	岩 性	沉积相	油气显示
界	系	统	组	代号				
中生界	三叠系	中统	周树冲组	T _{2z}	495	含膏白云岩、白云岩、石膏岩	蒸发台地相	
		下统	青龙组	T _{1q}	1189	薄层灰岩层、灰岩、泥岩	陆棚相	油流、油气显示
古 生 界	二叠系	上统	大隆组	P _{2d}	59	灰岩、硅质灰岩	盆地相	
			龙潭组	P _{2l}	379	砂岩、泥岩、煤层	滨岸—陆棚相	油气显示
		下统	孤峰组	P _{1g}	79	硅质岩、泥岩	陆棚—盆地相	
			栖霞组	P _{1q}	392	含燧石灰岩、灰岩	台地相	油流、油气显示
		上统	船山组	C _{3ch}	92	灰岩、球状灰岩	台地相	油流、油气显示
	石炭系	中统	黄龙组	C _{2h}	209	灰岩、白云岩		
		下统	和州组	C _{1h}	15	泥岩、砂岩	滨岸相	
			高骊山组	C _{1g}	82	杂色泥岩、砂岩		
			金陵组	C _{1j}	26	北部:灰岩;南部:碎屑岩		
	泥盆系	上统	五通组	D _{3w}	204	石英砂岩、少量泥岩	滨岸相	油气流、油气显示
	志留系	上统	茅山组	S _{3m}	95	砂岩、杂色泥岩	滨岸相	凝析油气流、油气显示
		中统	坟头组	S _{2f}	40	泥岩、灰岩	临滨—陆棚相	凝析油气流、油气显示
		下统	高家边组	S _{1g}	1719	泥岩	陆棚相	
	奥陶系	上统	五峰组	O _{3w}	18	泥岩、硅质泥岩	盆地相	
			汤头组	O _{3t}	40	泥岩、灰岩		
		中统	汤山组	O _{2t}	25	灰岩、瘤状灰岩	台地—陆棚相	
		下统	大湾组	O _{1d}	89	灰岩	开阔台地相	油气显示
			红花园组	O _{1h}	107	白云质灰岩、灰岩		
			仑山组	O _{1l}	212	白云质灰岩、白云岩		
	寒武系	上统	观音台组	Є _{3g}	354	白云岩、硅质白云岩	局限台地相	油气显示
		中统	炮台山组	Є _{2p}	229	白云岩		
		下统	幕府山组	Є _{1m}	134	白云岩、硅质泥质白云岩		
元古宇	震旦系	上统	灯影组	Z _{2d}	380	白云岩		

2.1 镜质组反射率 R_o 异常分布

镜质组反射率 R_o 是最常使用,也是公认最可靠的有机质成熟度参数。在均一地温场和连续沉积的地层剖面上, R_o 值随埋深增加呈线性增长。若地史中发生地温场变化,或出现沉积间断, R_o 值的纵向变化就会不连续,通常呈“上陡下缓”的折线型变化,并且在沉积间断面处出现断错位移现象。如沉积间断前后地温场发生变化, R_o 折线的上、下段即呈现不同的斜率,地温梯度越高, R_o 斜率越大。

图 2a 是 N-13 井烃源岩实测 R_o 值的纵向分布剖面, R_o 值介于 0.6%~1.3% 之间,构成一条“上缓下陡”的折线型异常分布,其在标志东吴运动的上二叠统龙潭组与下二叠统孤峰组之间的假整合面上发生转折和断错位移。在层位上,折线上段相当于下三叠统青龙组—上二叠统龙潭组,实测 R_o 值为 0.66%~0.95%,表征有机质处于低成熟—成熟阶段;而折线下段对应于下二叠统孤峰组下部—中石炭统黄龙组,实测 R_o 值范围 1.09%~1.25%,标志成熟—高成

熟阶段。N-13井剖面上 R_o 值的分布表明,黄桥地区中生界—古生界有机质成熟演化历史,在早二叠世末期经受东吴运动影响发生明显的变异,从而划分出两个热演化历史阶段,反映区域性地壳运动对古地温场的影响,东吴运动岩浆活动热事件则应是导致上述有机质热演化变异的直接原因。

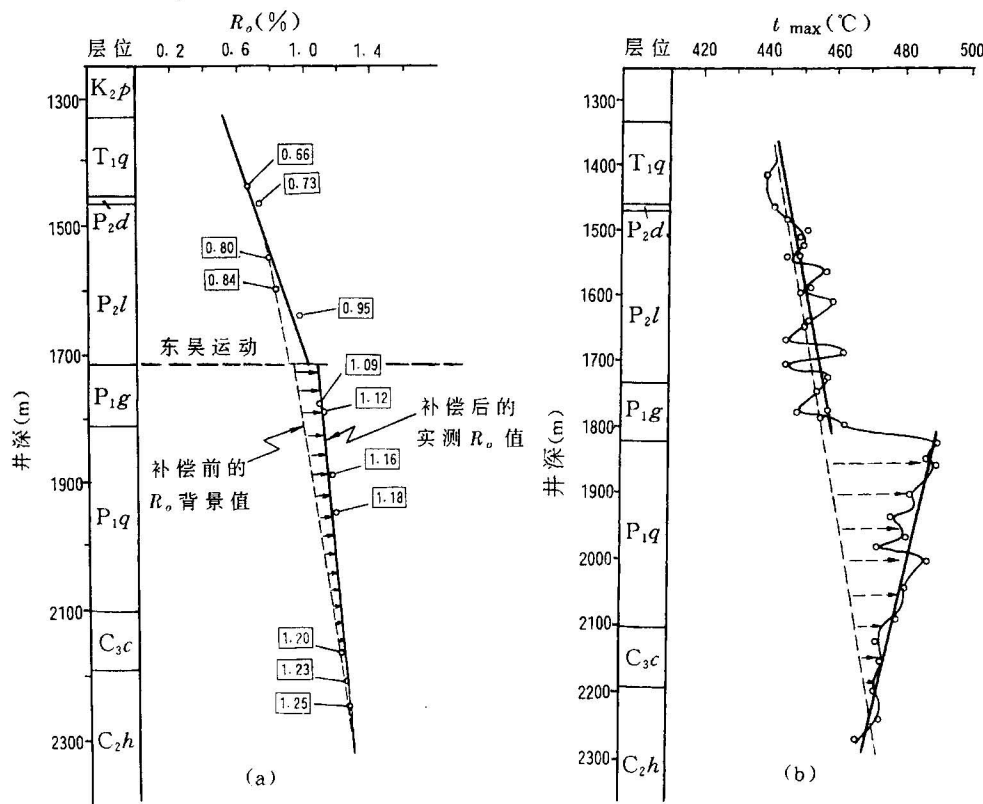


图2 N-13井烃源岩镜质组反射率 R_o (a)和热解峰温 t_{max} (b)随埋藏深度的变化

Fig. 2 Variation of vitrinite reflectance (a) and pyrolytic peak temperature t_{max} (b) in source rocks from well N-13

值得注意的是,图2a中 R_o 值分布折线的“上缓下陡”特征异乎寻常。折线上段平缓,总共不足300m的井段内, R_o 值增加0.29%,递增率为每100m深度增长0.097%;而折线下段明显变陡,倾角达84°,近于垂直,在将近600m的井段内, R_o 值增长幅度仅0.16%,递增率每100m深度只有0.027%,较之折线上段低3.6倍。一般情况下, R_o 值取决于古地温,其递增率应正比于地温梯度。就折线下段而言,何以会有古地温高,而古地温梯度特别低的矛盾呢?这是在一个正常古地温场条件下不可思议的矛盾。事实上,N-13井 R_o 值分布折线的下段,正是东吴运动以前的区域性古地温场与东吴运动岩浆热液活动局部性古地温场复合叠加效应的结果。这期岩浆活动可能以火山喷发或浅成—超浅成岩浆侵入活动为特征。这类岩浆活动引起的局部性古地温场,必然导致有机质的热蚀变,从而在原来区域性古地温场造成的背景上,对烃源岩 R_o 值予以一定的补偿,二者叠加效应的结果即为目前实测的 R_o 值(图2a)。这种局部性

古地温场温度虽高,但存在时间相对较短,补偿效应影响范围有限,并且随埋深增加补偿效应明显减弱,乃至消失。因此,东吴运动热事件的影响,使假整合面以下的 R_o 值折线下段斜率陡增。

2.2 热解峰温 $t_{\max}$ 异常分布

$t_{\max}$ 是 Rock-Eval 岩石热解分析测得的热解烃 S_2 峰的峰顶温度,称为热解峰温。随着成熟度增加,有机质聚合程度和热解烃活化能都明显提高,热解峰 $t_{\max}$ 也不断增高。由于 $t_{\max}$ 的这种增长趋势是不可逆的,因此 $t_{\max}$ 可以作为一项有机质成熟演化程度的标志。

图 2b 是 N-13 井烃源岩 $t_{\max}$ 值的纵向变化曲线。由图可见,随埋深增加,可能由于岩性及有机质类型因素影响, $t_{\max}$ 值并非呈简单的线性增长,而在增长过程中显示出波动性变化,图 2b 中用直实线表示 $t_{\max}$ 平均值的变化趋势。从下三叠统青龙组一下二叠统孤峰组, $t_{\max}$ 平均值约从 430°C 增加到 455°C ,呈线性递增。但是,在下二叠统孤峰组下部 $t_{\max}$ 值出现一个突变点,骤然增高约 35°C ,达到 490°C ,而后则随埋深继续增加, $t_{\max}$ 呈现负增长,至中石炭统黄龙组 $t_{\max}$ 又降到 470°C (图 2b 中的下段直实线)。黄龙组的 $t_{\max}$ 值恰好处在上段趋势线的延伸线上(图中的直虚线),从而构成 $t_{\max}$ 值的背景值,显示出孤峰组下部至栖霞组的 $t_{\max}$ 热异常。显然, N-13 井 $t_{\max}$ 与 R_o 值的异常变化基本相符,分别从有机质的热学和光学性质的地层记录上,反映同一井段的热演化异常现象。鉴于 $t_{\max}$ 值变化的不可逆性,用正常区域性地温场条件,也无法解释 $t_{\max}$ 值的负增长现象,从而再次印证了岩浆活动热事件局部热异常的存在。

2.3 氢指数 IH 和降解潜率 D 的异常分布

氢指数 IH 和降解潜率 D 均为 Rock-eval 热解分析常用参数,反映热解过程中有机质组成的变化特征。前者定义为烃源岩的热解烃量 S_2 与总有机碳含量 TOC 的比值 ($\text{IH} = S_2/\text{TOC}$),相当于每克有机碳可热解生烃的毫克数;后者为烃源岩中可热解生烃的有效有机碳含量占总有机碳含量的百分率。在低熟—成熟烃源岩中, $t_{\max}$ 范围为 $420\sim 460^{\circ}\text{C}$,这两项参数主要反映有机质类型和生烃潜力;但是,在高成熟烃源岩中, $t_{\max}$ 为 $460\sim 530^{\circ}\text{C}$,由于有效碳的消耗,二者的实测值均会随成熟度升高而降低,客观上成为有效的成熟度参数,即烃源岩演化程度越高,其残余生烃潜力则随之下降, IH 和 D 值相应越低。

图 3a、3b 分别是 N-13 井烃源岩氢指数 IH 或降解潜率 D,与热解峰温 $t_{\max}$ 值的关系图。图中下三叠统与上二叠统以及部分下二叠统(孤峰组上部)烃源岩, $t_{\max}$ 大多介于 $430\sim 460^{\circ}\text{C}$ 之间,主要处于低熟—成熟阶段, IH 和 D 实测值的数据点分布按地层组聚类,组间差异较大,反映其有机质类型的差异。但是,下二叠统和石炭系烃源岩, $t_{\max}$ 均大于 460°C ,已进入高成熟阶段。尽管栖霞组与船山组、黄龙组岩性相近,均属碳酸盐岩沉积(表 1),有机质类型也同属 I 型有机质,然而 IH 和 D 值却显示出:上覆栖霞组的有机成熟度显然超过下伏石炭纪地层。这种成熟演化程度的反常现象,与 R_o 、 $t_{\max}$ 值的分布异曲同工,都反映东吴运动热事件的效应。

2.4 H/C 和 O/C 原子比的异常分布

碳、氢、氧是沉积有机质的主要元素组成,由于酪根的 H/C 和 O/C 原子比构成的范氏图,可以划分烃源岩的干酪根类型,描述有机质的热演化途径。总体上看,随着烃源岩成熟演化程度提高,有机质的 H/C 和 O/C 原子比趋于降低。

图 4 是 N-13 井烃源岩的元素组成范氏图。显而易见,图中展示下二叠统烃源岩的 H/C 和 O/C 原子比均低于石炭系烃源岩,标志前者的成熟演化程度反常地高于后者。这种有机元素组成的异常分布,与前述 R_o 、 $t_{\max}$ 、IH 和 D 数值的同步变化相映成趣,无疑是东吴运动热事件的

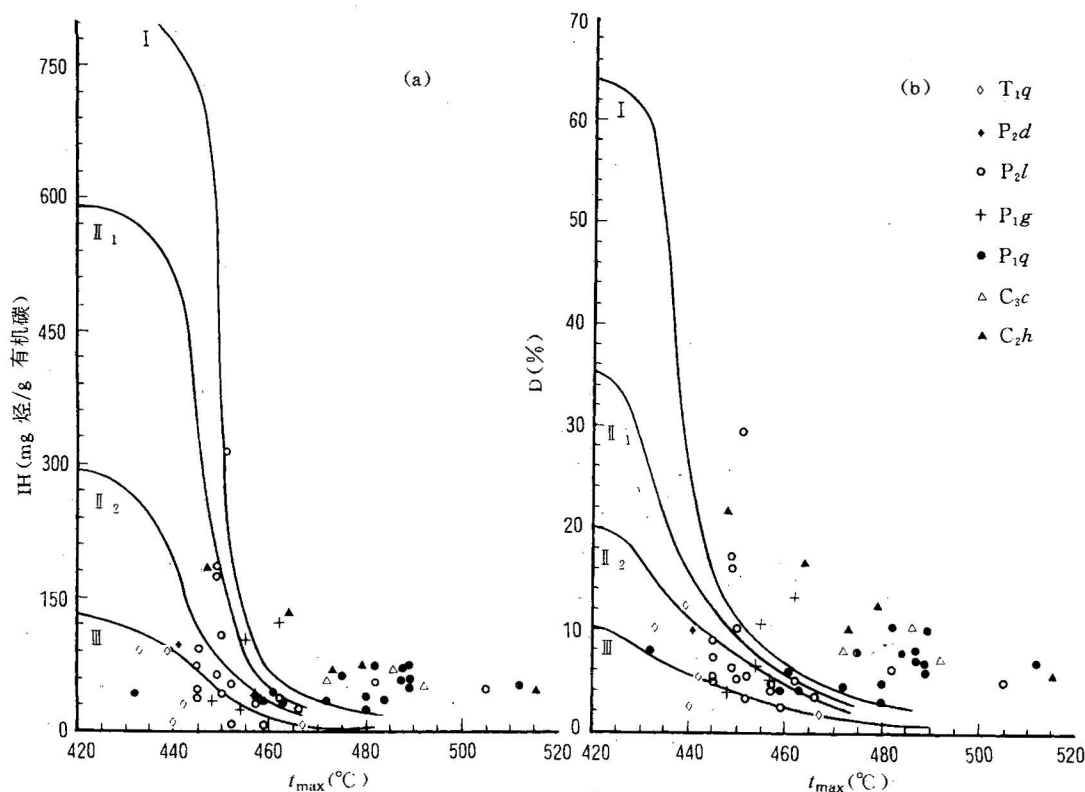


图3 N-13井烃源岩氢指数IH(a)和降解潜率D(b)与热解峰温 $t_{\max}$ 的关系图

Fig. 3 Hydrogen index IH (a) and potential degradation rate D (b) vs. pyrolytic peak temperature $t_{\max}$ for source rocks in well N-13

图中代号意义见表1 (The symbols in Fig. as in Table 1)

又一证据。

上述N-13井地层剖面上,同时出现镜质组反射率 R_o 、热解峰温 $t_{\max}$ 、氢指数IH、降解潜率D和有机元素H/C、O/C原子比的同步异常分布绝非偶然现象。尽管上述参数分别表征烃源岩有机质的光学、热学属性与化学组成,但是一致显示有机质的成熟演化异常和热事件的影响。

2.5 分子标志物组成的变化

上述热事件导致N-13井东吴运动假整合面的镜质组反射率 R_o 值在0.95%~1.09%之间突变(图2a)。这一成熟度区间,业已超出甾烷20S/(20S+20R)以及升藿烷22S/(22S+22R)的异构化平衡终点值,所以这些例行应用的生物标志物成熟度指标自然不会再对任何成熟度变化有所反映。

芳烃馏分中,一系列二甲基菲的比值(例如DPR, DPR₁和DPR₂)是常用的分子标志物成熟度参数。在N-13井的DPR和DPR₁随井深变化曲线上(图5),同样可见到在井深约1800m左右(相当于东吴运动不整合面的井深),DPR和DPR₁值也是显示出不连续的突变。

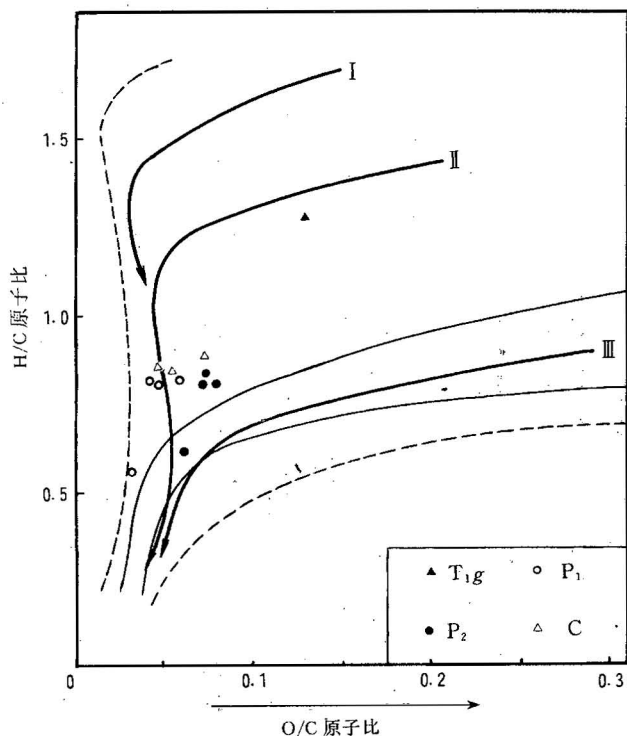


图4 N-13井烃源岩H/C和O/C原子比范氏图
Fig. 4 Atom ratios H/C vs. O/C for source rocks in well N-13

图中代号意义见表1 (The symbols in Fig. as in Table 1)

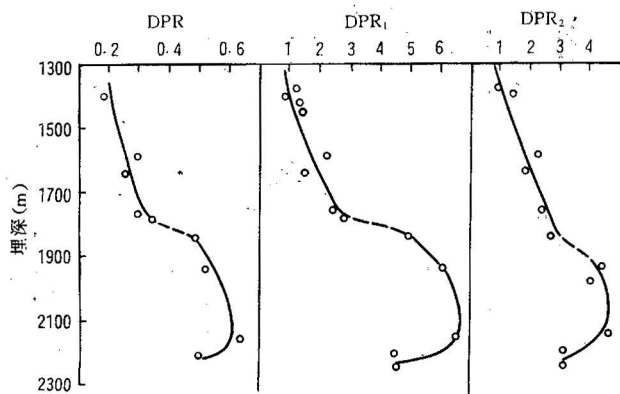


图5 N-13井二甲基菲比值随井深变化曲线
Fig. 5 Variation of dimethyl phenanthrene ratios in well N-13

$$\text{DPR} = \frac{(2,6+2,7+3,5)\text{-DMP}}{(2,4+1,3+3,10+3,9+1,6+2,9+3,5)\text{-DMP}}$$

$$\text{DPR}_1 = \frac{2,7\text{-DMP}}{1,8\text{-DMP}}, \text{DPR}_2 = \frac{2,3\text{-DMP}}{1,6\text{-DMP}}$$

2.6 其它证据

实际上,在下扬子盆地古生代地层中,上述热事件并不局限于黄桥地区N-13井。据徐伟民等发表的邻区苏南隆起句容构造上的句参1井“热解 $t_{\max}$ 图”,在与N-13井相当的层位上,也发现了与图2b相似的 $t_{\max}$ 值异常分布,即与龙潭组比较,从孤峰组开始 $t_{\max}$ 值明显增大,至栖霞组 $t_{\max}$ 增至490℃,变化幅度也达到35℃,而石炭系下部至泥盆系上部 $t_{\max}$ 值则出现负增长^[14]。句参1井与N-13井相距100 km以上,何以二者 $t_{\max}$ 热异常竟然如此相似乃尔?这现象绝非巧合,足以证明两地 $t_{\max}$ 异常的同时性,而导致这种局部性有机质热演化异常的原因,必然是下扬子盆地早二叠世晚期东吴运动的岩浆浅成—超浅成侵入活动或火山喷发活动的热事件。

此外,黄桥和苏南地区上古生界烃源岩的孢粉颜色变化,也为东吴运动热事件的影响提供一个佐证。大量实测数据的统计结果表明,上二叠统龙潭组烃源岩孢粉颜色指数SCI值分布范围为4.0~5.0,下二叠统孤峰组与栖霞组SCI值分别为8.0~9.0和9.5~10,显示上、下二叠统之间SCI值的骤然变化。这种SCI值的突变与N-13井镜质组反射率 R_o 的突变相符合,无疑也是东吴运动热事件的反映。

事实上,在江苏地区孤峰组上部(又称堰桥组)砂岩中还发现有火山玻璃,似乎应与峨眉山玄武岩相对比,可能作为东吴运动

岩浆活动的直观证据(胡世忠,1997,私人通信)。

3 东吴运动热事件的标志

本文初次尝试采用多项有机地球化学测试技术和理论研究事件地层学,不仅利于拓宽有机地球化学的研究与应用领域,而且为认识东吴运动及其岩浆活动热事件提供了可靠的证据。岩石圈中沉积有机质对岩浆活动(甚至热液活动)事件的“敏感性”显然高于无机矿物质,通过有机地球化学方法研究有机质的热蚀变不失为事件地层学的有效研究途径。

二叠纪—三叠纪间事件地层学研究,业已引起国内外地质学家的重视^[1,15]。研究表明,我国华南在二叠纪—三叠纪之间处于一个连续沉积区。但是全球性的二叠纪—三叠纪之间的海水进退、沉积环境、沉积物类型、火山事件、生物集群的绝灭与更替变化,在华南往往有规律地发生在两系界线之下^[15]。从这一过渡时期事件地层学的意义上看,东吴运动理应是上述各种划代事件的前奏。

东吴运动岩浆活动热事件对于黄桥地区沉积有机质热演化史势必具有重要的影响。黄桥地区油气勘探中发现的油气显示与油气流,构成一个从成熟—高成熟—过成熟的油气演化系列。采用常规的油源对比,对于高成熟的轻质油和过成熟的凝析油气,迄今未能找到与之成熟度相应的源岩。业已证实,这些高演化油气与地史中的热事件有成因联系,岩浆热液活动提供了形成高演化油气的热动力。

参 考 文 献

- 1 Walliser O H. The idea of global events, a prologue. In: Walliser O H, ed. Global Events and Event Stratigraphy. Springer, Berlin, 1996. 1~5.
- 2 Lee J S(李四光). Variskian or hercynian movement in South—Eastern China. Bulletin of the Geological Society of China, 1931, 11(2):209~217.
- 3 盛金章. 中国的二叠系. 全国地层会议学术报告汇编. 北京:科学出版社,1962.
- 4 胡世忠. 关于龙潭组下界及东吴运动位置等问题的商榷. 地层学杂志,1979,3(4):251~257.
- 5 张祖圻. 论东吴运动. 煤田地质与勘探,1985,(3):14~21.
- 6 李文恒. “东吴运动”不应作为上、下二叠统的界线. 地层学杂志,1992,16(2):138~142.
- 7 王文耀. 苏浙皖地区的龙潭组. 地层学杂志,1993,17(3):232~236.
- 8 胡世忠. 论东吴运动构造事件与二叠系分统界线问题. 地层学杂志,1994,18(4):309~315.
- 9 罗自立. 中国西南地区古生代以来地裂运动对石油等矿产的影响. 四川地质学报,1981,2(1):1~22.
- 10 罗自立,金以钟,朱夔玉,赵锡奎. 试论扬子地台的峨眉山地裂运动. 地质论评,1988,34(1):12~24.
- 11 夏邦栋,钟立荣,方中,吕洪波. 下扬子区早二叠世孤峰组层状硅质岩成因. 地质学报,1995,69(2):125~137.
- 12 夏邦栋,徐立荣,方中,吕洪波. 下扬子地区早二叠世孤峰组泥化火山岩. 地质论评,1994,40(1):65~73.
- 13 方中,夏邦栋,钟立荣,楚雪君,刘寿和,李惠民. 苏南二叠—三叠纪界线双峰式火山岩及其地球化学特征. 南京大学学报(地球科学),1994,6(6):166~174.
- 14 徐伟民,李任伟,林大兴. 江苏句容二叠三叠系中有机质热演化研究及其意义. 地质科学,1985,(1):1~13.
- 15 杨遵仪,吴顺宝,殷鸿福,徐桂荣,张克信等. 华南二叠系中有机质热演化研究及其意义. 地质科学,1985,(1):1~13.

Organic Geochemical Evidence for the Thermal Event of the Dongwu Movement in Huangqiao, Northern Jiangsu

Wang Tieguan

(*University of Petroleum, Beijing, 102200*)

Bao Jianping

(*Jiangnan Petroleum Institute, Jingzhou, Hubei, 434102*)

Zhou Yuqi

(*China Star Petroleum Company, Beijing, 100083*)

Wang Jinyu and Fei Fu'an

(*East China Bureau of Petroleum Geology, MGMR, Nanjing, Jiangsu 210031*)

Abstract

Geological events are abiotic short-time sudden changes or happenings on the Earth. Magmatism may result in thermal events in the geological periods. Organic geochemical analysis was adopted for the study. A petroleum exploratory borehole in the Huangqiao area in the Lower Yangtze basin was systematically investigated. By means of the abnormal changes of the optical (vitrinite reflectance R_o and spore colour index SCI), thermal (maximum temperature of pyrolysis t_{max}) and chemical (hydrogen index IH, degradation potential ratio D and H/C and O/C atomic ratios) parameters, the thermal event of the Dongwu movement at the end of the Early Permian was recognized, and hypabyssal to near-surface magmatic intrusion or eruption was the internal cause for the thermal event.

Key words: Dongwu movement; thermal event; organic geochemistry; northern Jiangsu

作者简介

王铁冠,男,1937年生。1956年毕业于北京石油地质学校,1965年毕业于北京石油学院。现任石油大学(北京)地球科学系教授,博士生导师,中国地质学会理事,从事有机地球化学研究。通讯地址:102200,北京昌平石油大学(北京)地球科学系。电话:010—69745566—3430, E-mail: geochem @ mail. bjpeu. edu. cn。