

苏北盆地阜宁群时期的古气候和水介质的物理化学条件分析

朱静昌 张国栋 王益友

(同济大学)

苏北盆地是一个大型的中、新生代沉积盆地,多旋回性地壳运动使盆地内部进一步分异,发育了一系列的北东、北东东向的南陡北缓的断陷性箕状凹陷。在盆地各凹陷中,普遍发育一套阜宁群沉积,并自下而上划分为四个岩性段,其主要岩性、电性特征和标志层详见表1。长期以来,人们传统地将阜宁群视为纯陆相沉积,但通过近些年来对古生物、岩矿及地球化学等方面所作的工作,确认阜宁群沉积在陆相沉积环境总的背景下,其中阜二、四段曾遭受海侵,形成海陆过渡相沉积。近几年来,作者在对阜宁群沉积时的古地理、古环境进一步研究的基础上,对阜宁群时期的古气候和盆地水介质的物理化学条件也作了重点的分析、研究,现将取得的主要认识和成果归结如下。不妥之处,请指正。

一、阜宁群时期的古气候

古气候直接影响到各种沉积作用及沉积物的形成,是岩相古地理研究的重要内容。作者确定阜宁群时期古气候概况及其演变特点,主要是运用了古地磁法,古生物法及沉积学方法。

(一)古气候概况

1. 古地磁法

古地磁方法是根据某些含磁性矿物的火山岩及沉积岩的剩余磁化程度而计算出古纬度位置的一种方法。本项研究样品,采自江苏仪征小河口露头剖面的泰州组、阜宁群一、二段,计十一层共150个样品,由中国科学院青岛海洋研究所古地磁实验室分析,其计算结果详见表2。

由表2可知,泰州组上部,平均古纬度 11°N ;阜宁群一段,平均古纬度 10.5°N ;阜宁群二段,平均古纬度 23.9°N 。泰州组和阜宁群一段样品均为红—棕红色的泥质粉砂岩、粗粉砂岩,磁性较强,分析出的古纬度值两组均为 11°N 左右,比较稳定;而阜宁群二段采样为泥灰岩和灰岩,磁性较弱,分析出的古纬度值,层间跳动较大,不太稳定。但三段古纬度值在 10.5°N — 23.9°N 之间,应属低—中纬度区,其古气候也应属热带气候范围。

2. 古生物法

植物受气候的影响显著,阳光、热量和水对植物的生存有着重要的生态意义。因而,不同的古植物群落可直接反映古气候。重塑阜宁群时期古气候工作,主要是依据孢粉资料,因为孢粉在某种程度上比植物化石保存的较多,它的组合不但能反映一定环境下的古植物群落,而且也有效地指示古气候。

(1)阜宁群一段孢粉组合 本段以一套红色地层为主,孢粉化石较贫乏,以个体较小的类型见多,为小榆粉-三孔粉组合带。孢粉组合特征以被子植物为主,占孢粉总数的80%左右,蕨类植物孢子和裸子植物花粉很少,带气囊的松柏类花粉含量更低。被子植物花粉以个体较小的具孔类型为主,有时可占总数的40%左右,它们是小榆粉、粒纹亚三孔粉、粒纹褶皱粉、三孔褶皱粉等,其次为三沟和三孔沟类型,如假桶形漆树粉、小亨氏栎粉、亨氏栎粉等,另外还有单沟的花粉和忍冬

粉属等。亚热带-热带植物花粉,如木兰粉属、樟科粉属、桃金娘粉属、拟桑三孔粉等,在组合中也有一定含量。同时,在阜宁群一段的上部层位还常见半干旱草本植物藜科,并伴生一定数量的旱生麻黄。凤尾蕨为亚热带气候下含钙质土壤的指示矿物,其中可达5—8%^①。

据以上孢粉组合特征,可推断阜宁群一段时期为常绿阔叶、落叶阔叶混交林带,属炎热

表1 苏北盆地阜宁群地层简表

Table 1 Stratigraphic sequences of the Funing Group
in the North Jiangsu Basin

时代		地层		电性特征	厚度 (m)	标志层	主要岩性	
纪	世	群组	代号					
早第三纪	始新世	阜宁群	戴南组	Ed ¹		0 595.5	上部灰黑色泥岩,感应高,导层(3—5层)	灰黑色泥岩夹灰白色砂岩,含砾砂岩 厚度 0—595.5m
			四段	Ef ⁴		0 548	二~三组小尖峰标志层 底部常具“弹黄层”标志层	深灰—灰黑色泥岩为主,夹薄层泥灰岩、油页岩,局部地区夹薄层灰岩或粉砂条带 厚度 0—548m
			三段	Ef ³		60 504	上、下砂组间灰黑色泥岩往灰段顶部较电阻率或高电层显示	灰黑色泥岩与灰白色细、粉砂岩互层,具粗—细—稍粗沉积特点。边缘为棕红色泥岩及棕红色粗砂砾岩 厚度 60—504m
			二段	Ef ²		50 328	①“七尖峰”标志层 ②“四尖峰”标志层 ③底部往“多尖峰”标志	灰黑色泥岩为主,夹薄层泥灰岩、鲕状灰岩、虫管灰岩、东部夹薄层方沸石化凝灰岩,盆地边缘底部见含砾砂岩 厚度 50—328m
			一段	Ef ¹		89 1004		棕红—棕褐色泥岩、粉砂质泥岩与砂岩、粉砂岩互层 厚度 89—1004m
白垩纪		泰州组	二段	K ²	20 415	上部杂色及灰黑色泥岩中含女星介化石。中部有泥灰岩薄层	顶部为杂色泥岩,下部灰黑色泥岩为主,块状灰白色砂岩为主,夹薄层棕褐色泥岩 厚度 20—415m	
			一段	K ¹				

① 江苏省第六普查勘探大队、北京大学地质地理系,1974,江苏高邮地区老第三纪孢粉组合及其古地理、古气候意义。

的中南亚热带气候。

表 2 泰州组和阜宁群一、二段古地磁分析与数据

Table 2 Palaeomagnetic data for the Taizhou Formation and Members 1 and 2 of the Funing Group

组段	样品 层号	岩石名称	样品数	磁偏角 D	磁倾角 I	古纬度 ϕ	古纬度 平均值	古地极	
								纬度 Q_P	λ_P
泰州组	1	棕红色泥质粉砂岩	10	237.6°	28.8°	14.9°	11°N	-17.9°	60.1°
	3	棕红色泥质粉砂岩	9	229.6°	13.9°	7.0°		-37.4°	46.9°
阜一段	4	棕红色粉砂岩	11	3.6°	16.3°	8.3°	10.5°N	65.1°	291.1°
	5	棕红色粉砂岩	12	189.4°	10.4°	5.2°		-51.8°	104.4°
	6	棕红色粉砂岩	12	350.5°	24.2°	12.7°		70.3°	310.5°
	7	棕红色粉砂岩	14	357°	16.9°	8.0°		65.9°	306.1°
	8	棕红色泥质粉砂岩	9	1.4°	32.7°	17.8°		74.5°	292.6°
	9	灰白色泥灰岩	11	7.7°	15.1°	26.6°	23.9°N	51.5°	227.4°
阜二段	10	灰白色含鲕粒灰岩	11	324.5°	35.5°	19.6°		55.8°	16.0°
	11	灰白色泥灰岩	10	257.3°	43.6°	25.5°		25.7°	56.2°

样品系中国科学院青岛海洋研究所古地磁室分析

(2)阜宁群二段孢粉组合 该段孢粉化石较为丰富。孢粉组合和阜宁群一段很近似,只是在组合中又增添了较多新成分,为小榆树-漆树粉组合带。孢粉组合特征以被子植物花粉为主,裸子植物花粉次之,其中具囊松柏类花粉较阜宁群一段略有增加,蕨类植物孢子的数量很少。被子植物花粉中,以小榆粉最多,和一段比较,亚三孔粉属和褶皱粉属有所减少,漆树粉有所增加。亚热带-热带植物花粉仍有一定含量,如木兰粉属、樟科粉属、桃金娘粉属、拟桑三孔粉属。

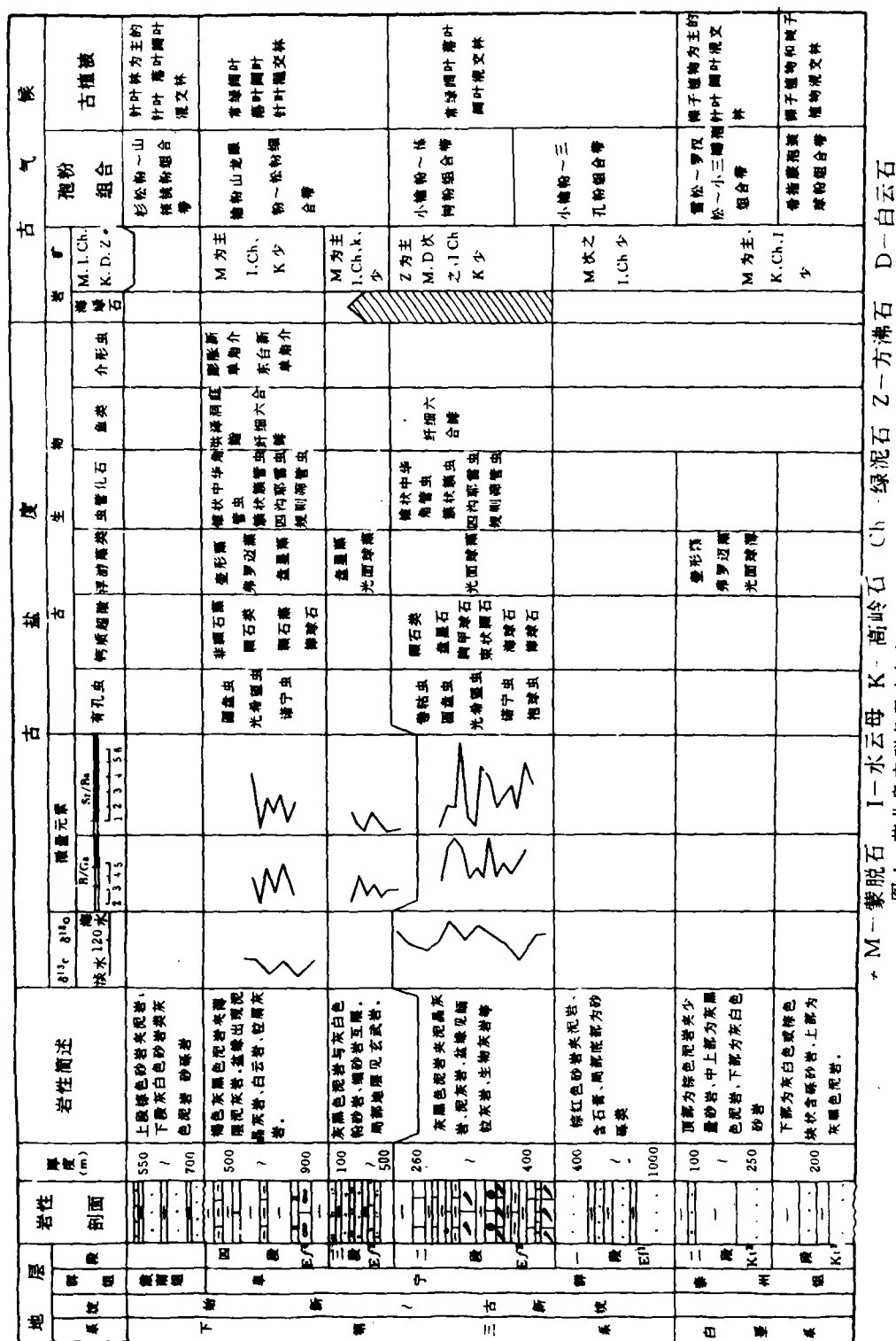
该段孢粉组合与阜宁群一段基本相同,仍为常绿阔叶、落叶阔叶混交林发育时期,因而推断当时的气候亦属炎热的中南亚热带气候。

(3)阜宁群三、四段孢粉组合 该两段孢粉化石很丰富,且孢粉组合又很相近,不易区分,为榆粉-山龙眼粉-松粉组合带。孢粉组合的特征以蕨类植物孢子含量很低($<10\%$),三角孢属、凤尾蕨孢属、变异具环水龙骨孢等较为常见,具气囊的松柏类花粉较为丰富(总含量20—25%),其中以双束松粉、单束松散以及雪松粉属的各种均较常见,罗汉松散属较少,原始维囊粉在该两段中出现较多(5—10%),是指示性分子。无囊的松柏类花粉含量不高,其中以大拟落叶松粉的出现较为稳定,杉粉属及无口器粉属则极不稳定。被子植物花粉中以小榆粉含量最高(25%以上),栎粉属、漆树粉属也较多,个体较小的亚三孔粉属和褶皱粉属同阜宁群一、二段相比显著减少。亚热带和热带植物花粉,如大木兰粉、樟科粉属、山龙眼粉属、美丽粉属等在组合中含量不高,但分布稳定。

由上述分析可知,阜宁群三、四段孢粉组合较之一、二段孢粉组合有着明显不同,属常绿阔叶、落叶阔叶、针叶混交林型,其中特征性的标志是组合中出现较多的松柏类花粉。松柏类花粉的增多一般指示气候变凉,但阔叶树种中的一些热带、亚热带分子不仅没有减少,而且有所增加,表明气候是比较炎热的,故推断该时期应属湿热多雨的中南亚热带气候。继阜宁群四段之后的戴南组时期,孢粉组合反映植物群落为针叶林为主的针叶、落叶阔叶混交林型,气候转变为湿润的南中亚热带气候(图1)。

3. 沉积学的方法

沉积学中最能反映古气候的是岩石矿物的标志,比如蒸发岩是干旱炎热气候的标志;碳酸盐岩是温暖炎热气候的标志;红色岩层发育,有利于粘土矿物蒙脱石、水云母的形成,则往



往是半干旱气候类型的标志。阜宁群各段能反映古气候的岩矿标志如下:

(1)阜宁群一段 该段为棕红色、棕褐色泥岩、粉细砂岩不等厚互层,中部泥岩较多,下部砂岩较粗,近盆地边缘含砾甚至成为砂砾岩、砾岩。仅在盆地东部海安凹陷及盐阜凹陷才出现较多的暗色泥岩。该段反映气候的标志是红色岩系发育,普遍含星点状石膏和钙结核,粘土矿物以蒙脱石为主,具有半干旱炎热气候的特点。

(2)阜宁群二段 该段为一套灰黑色、黑色泥岩,中下部夹泥灰岩、生物灰岩、白云岩、鲕粒灰岩、油页岩及砂岩组成。自下而上可分五个亚段:下灰岩亚段,除碳酸盐发育外,洪泽凹陷含盐岩与膏岩层;上部灰岩亚段,碳酸盐岩比较发育;七尖峰亚段,主要为灰黑色泥岩与泥灰岩互层,洪泽凹陷有薄层石膏和盐岩互层;顶部泥岩亚段,富含植物碎片。根据上、下两个灰岩亚段的碳酸盐发育,以及局部凹陷中石膏或盐岩层的出现,粘土矿物以蒙脱石-水云母为主等标志,该段的古气候仍具有温暖炎热或半干旱炎热的特点。

(3)阜宁群三段 该段主要为灰黑色泥岩与浅灰、灰白色粉砂岩、细砂岩互层。东部可细分为:下砂岩亚段;中部泥岩亚段及上部砂岩亚段。西部因砂岩发育,三分性不明显,且在盆地边缘地带变红,发育棕红色泥岩和浅棕色砂砾岩,且粘土矿物仍以蒙脱石-水云母为主的组合,局部含星散状石膏,推测该段的古气候与阜宁群一、二段变化不大。

(4)阜宁群四段 该段主要以灰黑色、黑色泥岩为主,夹薄层泥灰岩、油页岩或灰质白云岩,下部夹粉砂岩条带。根据西部露头区灰岩、白云岩和生物灰岩发育,以及蒙脱石为主的粘土矿物组合,其古气候亦应为温暖炎热型。

综合上述岩矿标志可知,阜宁群各段的古气候,一、二段为半干旱炎热型,至阜宁群三、四段过渡为温暖炎热型。

(二)古气候演变

依据上述各种方法对古气候的综合分析(图1),各种方法所得的结论基本趋向一致的,即阜宁群沉积时的古气候应属中—低纬度、热带—亚热带气候,当时的气温比现在所处的地区气温高得多。特别是从古地磁分析资料看,当时阜宁群沉积时的位置比现在所处的纬度位置至少要低7—8度,换句话说,阜宁群沉积时至今,所在大陆向北移了7—8度。这一新的地体活动、飘移事实,为分析该时期的古地理,再造古气候提供了重要依据。

纵观阜宁群各段古气候的概况,虽然在干旱潮湿、炎热温凉等方面有小的变化,但大的气候带没什么变化;这时期是比较平稳的,更没有发现冰期的活动。具体阜宁群自下而上的古气候演变,从孢粉和岩矿标志分析,似乎一、二段属炎热—半干旱的热带—亚热带气候;至三、四段,气候转温热多雨的热带—亚热带气候。

二、阜宁群时期盆地的水介质物理化学条件

盆地中的水介质物理化学条件包括古盐度、古温度、酸碱度、氧化还原程度和古水深等。这些因素,不但影响水体溶解物质的化学沉积分异作用、生物的繁殖情况,而且也直接控制着油气生成物质的保存程度。

1. 古盐度

为测定阜宁群沉积时水体的古盐度,作者主要采用:①地球化学方法,包括硼含量及相当硼含量法、微量元素法、沉积磷酸盐法、碳氧同位素法和有机地球化学法;②古生物方法,

主要分析古生物的属种和耐盐性、海陆相生物的混合度以及生物的分异度;③沉积方法中的化学成因矿物和特殊结构等。

分析结果表明(表 3),苏北阜宁群各段沉积时的水体盐度,自下而上分布特征是:一段为淡水;二段为半咸水;三段为微咸-淡水;四段为半咸水。在垂向剖面上,出现淡-咸水相互交替组成旋回性特征。阜宁群二、四段盐度高,一、三段盐度低,这是受海侵海退影响的总趋势。同时也应看到,既是阜宁群某一段沉积,随着古构造、古地貌形态对水体流动控制程度不同,淡水注入影响不同,其盐度在不同凹陷或地区也有变化,如阜宁群二段时期,洪泽凹陷因较闭塞盐度相对就增高,而金湖凹陷天长地区受淡水注入影响大,其盐度就相对较低。

表 3 阜宁群各段古盐度测算的数值(标志)

Table 3 Calculations of the palaeosalinity in various members of the Funing Group in northern Jiangsu

阜宁群 地层	地球化学标志				古生物标志	沉积标志	推算的 古盐度
	微量元素	沉积磷酸盐 Ca/Fe+Ca	碳、氧 同位素值	有机地化数值①			
四段(Ef ⁴)	B/Ga>3.5(8) Sr/Ba>1(3)	0.89 (1)	126.17 (10)	Ph/n-C ₁₈ 、 Ph/Pr 均<1 (受氧化)	半咸水为主 的海相生物 与淡水生物 混生	方解石、白云 石、海绿石, 局部含石膏 和盐岩	半咸水 (25—30‰)
三段(Ef ³)	B/Ga<3.5(18) Sr/Ba<1(16)	0.70 (4)	100.21 (3)	Ph/n-C ₁₈ =0.83 Ph/Pr=0.81	淡水生物	陆源碎屑矿 物,少量海绿 石	微咸-淡水 (20—25‰)
二段(Ef ²)	B/Ga>3.5(18) Sr/Ba>1(18)	0.85 (4)	125.42 (32)	Ph/n-C ₁₈ =7.64 Ph/Pr=5.60	半咸水为主 的海相生物 与淡水生物 混生	方解石、白云 石、海绿石, 局部石膏和 盐岩、放射状 鲕粒、沸石	半咸水 (25—30‰)
一段(Ef ¹)	B/Ga<3.5(2) Sr/Ba<1(2)	0.61 (1)	115.01 (3)	Ph/n-C ₁₈ =1.53 Ph/Pr=2.36	淡水生物	均为陆源碎 屑矿物	淡水 (<20‰)

①引李任伟等数值(1986), () 括号内数字为分析样品数

2. 古温度

水体古温度的测试方法很多,作者在研究过程中主要采用了氧同位素法和生物分析法。

(1)氧同位素法 当碳酸盐在与介质平衡状态下沉淀,且介质盐度保持不变时, $\delta^{18}\text{O}$ 值就随沉淀时温度升高而降低,这样碳酸盐形成的温度就能在理论上被确定。根据 Craig (1963)修正的计算公式: $T_c = 16.9 - 4.2(\delta C - \delta W) + 0.13(\delta C - \delta W)^2$ (式中 C 和 W 分别为样品和海水的氧值)。作者将采集的阜宁群中 20 个样品测试出 $\delta^{18}\text{O}$ 值后,分段参与计算,取其平均值,结果表明:阜宁群一段水温为 26℃;阜宁群二段水温为 23.3℃;阜宁群三段水温为 30.1℃;阜宁群四段水温为 26.9℃。因此,推测阜宁群沉积时的水温应在 23—30℃ 之间。

值得注意的是,用稳定同位素法测定古水温要受到严格条件控制的。鉴于阜宁群碳酸盐形成的年代较新, $\delta^{18}\text{O}$ 受到沉积作用以后的交换或交代的影响较小;尽管陆地水盆碳酸盐形成时盐度变化较大,但 $\delta^{18}\text{O}$ 的取样都是事先经过盐度测试、并选择盐度曲线比较稳定的段落进行的,以最大限度地消除了盐度变化对 $\delta^{18}\text{O}$ 值的影响;Craig 提出的温度计算公式中的 δW ,是代表当时碳酸盐沉积时的水体 $\delta^{18}\text{O}$ 值,该值的选择为了切合苏北碳酸盐形成时非正常海水的实际,选用了比正常海水偏小的 $\delta^{18}\text{O}$ 值参与计算的。根据以上分析,对阜宁群沉积时所计算的水温基本上可信的。

(2)生物分析法 据作者发现以及赵政章所做的工作^①,在阜宁群二、四段中都分别找到一些钙质超微化石。按 Haq. B. u 等(1976)意见,钙质超微化石簇石 *Fasciculitulus*-盘星石 *Discoaster* 组合生活于热带气候;颗石类是喜暖性生物,大多数生活在18℃—23℃的暖水中,指示暖水环境,也直接指示阜宁群二、四段沉积时的水体温度,并与同位素算法所得温度数值大体相吻合。

3. 古 pH 值和 Eh 值

(1)古 pH 值 判断 pH 值的主要指标是一些指示性矿物,如碳酸盐矿物、含铁矿物、粘土矿物以及某些硅酸盐矿物(表 4)。从某种意义上讲,判断某些层段 pH 值的精确程度主要取决于对这些指示矿物的判断是自生还是它生? 形成条件、含量及矿物组合。为此,作者运用各种手段分析了上述指示性矿物。在此基础上,对阜宁群各段水介质酸碱度(pH)大致作如下推算:阜宁群一段,含蒙脱石、伊利石为主,有少量的高岭石和菱铁矿,属弱酸—弱碱性水介质;阜宁群二段,主要含蒙脱石、伊利石、黄铁矿、海绿石、沸石、方解石和白云石矿物,属弱碱性—碱性水介质;阜宁群三段,主要含蒙脱石、伊利石、黄铁矿以及少量的海绿石、菱铁矿,属中性—弱碱性水介质;阜宁群四段,主要含蒙脱石、伊利石、黄铁矿、方解石和白云石矿物,属弱碱性—碱性水介质。

(2)古 Eh 值 确定阜宁群氧化还原程度(Eh)的标志,作者主要依据对氧化还原极为敏感的变价元素(如 Fe、Mn 等)化合物的分析,常用的含铁自生矿物标志,由氧化环境至还原环境出现的次序为:褐铁矿—赤铁矿—海绿石—鳞绿泥石—菱铁矿—白铁矿和黄铁矿;其次是依据沉积物的颜色;第三是水体中的氧化还原状况与水动力条件的关系,即在无流动的沉积缓慢的环境中,往往缺氧,在闭塞低能的沉积环境中,常为还原环境;第四,分析古生物遗迹特征,也有助于恢复氧化-还原程度。

根据以上标志,作者确定阜宁群各段还原程度如下:阜宁群一段,在盆地西部沉积物为红—棕色,褐铁矿、赤铁矿为主,流动性层理显著,以及生物扰动和垂直潜穴多见,应属氧化环境,向东随着湖水加深,颜色变暗,鳞绿泥石出现,转变为弱氧化—弱还原环境;阜宁群二段,全盆地沉积颜色从深灰到灰黑,海绿石、黄铁矿等常见,水动能条件弱,纹理或块状泥岩发育,有机质保存丰富,姥鲛烷对植烷的比值($Pr/Ph < 1$)极低,属弱还原—强还原环境;阜宁群三段,盆地西部或边缘地带沉积物颜色淡,并有绿泥石,水体流动性较强,生物扰动作用强烈,属弱氧化—弱还原环境;至盆地东部,水体加深,沉积物颜色变暗,水动能减少,甚至出现海绿石和黄铁矿,有机质也较丰富,说明转变为还原环境;阜宁群四段,其指示环境的标志,大致与阜宁群二段相同,残留盆地基本上处于还原—强还原环境。

4. 古水深

表 4 指示水体酸碱度的主要矿物标志

Table 4 Main indicative minerals as the criteria for identification of acidity and alkalinity of the water bodies in the North Jiangsu Basin

矿物类型 \ 酸碱度	酸性	弱酸性	中性	弱碱性	碱性	强碱性
碳酸盐矿物			菱铁矿	白云石、铁白云石、菱锰矿	方解石	
铁硫化物	白铁矿		黄铁矿			
粘土矿物	高岭石		拜来石	蒙脱石	钙镁蒙脱石	
	埃洛石		埃洛石	伊利石	镁蒙脱石	
硅酸盐矿物			海绿石		沸石类	

① 赵政章, 1985, 苏北东台坳陷阜宁组沉积时与海水的连通性, 华北石油勘探开发研究院。

判断古水深对于再造古环境及对盆地构造的了解具有重要意义。但要确定绝对古水深是困难的,只能确定一个相对的水深。目前确定古水深的标志很多,有自生矿物标志、沉积学标志、生物标志及地球化学标志等。具体阜宁群各段沉积时古水深的确定,作者选用的标志见表5。

依据表中所列五个方面的标志或特征,基本可将大陆、滨岸、浅水、半深—深水五种环境相对水深区分开。从颜色上看,大陆和海岸环境是红—棕红色的;浅水环境灰绿色;而深灰—灰黑色是深水—半深水环境常有的。从自生矿物和岩石类型看,钙质层或“姜结核”是大陆和滨岸上部环境特有的;准同生白云岩和蒸发岩发育在滨岸环境;鲕粒灰岩、球粒灰岩、核形石灰岩、礁灰岩以及海绿石在滨岸—浅水环境下则有利于形成;钙质页岩是半深水—深水的标志。从沉积构造看,干裂纹、鸟眼构造和叠层石是滨岸—极浅水的产物;而粒序层理或鲍马序列则出现在深水中;在低能浅水条件则有利于砂波痕和波纹层理形成。从古生物特征看,轮藻在大陆、滨岸环境最丰富;蓝绿藻生活在极浅水中;相反,钙质超微化石和部分介形类是半深—深水中生物的代表;多毛纲栖管化石、底栖有孔虫、沟鞭藻及腹足类等又是指示浅水—滨岸环境的主要生物。遗迹化石的分布,随着水体深度增加管迹从垂直逐渐变为水平,并多形成表面啃痕迹。

遗迹化石的分布,随着水体深度增加管迹从垂直逐渐变为水平,并多形成表面啃痕迹。

经作者研究,阜宁群各段水深分布的状况,总的规律是:阜宁群一段时期,水盆继泰州组扩张水位较深后,逐渐萎缩,盆地西部处于大陆、滨岸和浅水环境,仅东部处在半深水环境中;阜宁群二段时期,随着盆地拉张深陷,海水侵入,水面扩张,水体深度加大,至“七尖峰”亚段时,残留盆地几乎都被半深水—深水所覆,目前还难以确定滨岸具体位置,是阜宁群时期第一次形成的较大规模的深水盆地;阜宁群三段时期,盆地略有收缩,水深也随之变浅,盆地西部为滨岸—浅水区,东部半深水—深水仍占盆地较大面积;至阜宁群四段时期,盆地整体

表5 苏北阜宁群沉积时期指示水深的标志

Table 5 Main indicators for water depths during the Funing Group deposition

标 志		大 陆	滨 岸	浅 水	半深—深水
颜 色	红—棕红色	——			
	灰绿色		——	——	
	深灰—灰黑色				——
自生矿物与岩石类型	钙质层	——	——		
	海绿石		——	——	
	准同生白云岩		——		
	蒸发岩	——	——		
	鲕粒灰岩		——	——	
	球粒灰岩		——	——	——
	核形石灰岩		——	——	
	礁灰岩		——	——	
	钙片页岩				——
沉 积 构 造	干裂纹	——	——		
	鸟眼构造	——	——		
	叠层石构造	——	——		
	小型波痕	——	——		——
	大型波痕		——	——	——
	砂波纹层理		——	——	——
	水平纹理		——	——	——
古 生 物	粒序层理				——
	蓝绿藻	——	——	——	——
	轮藻	——	——		
	底栖有孔虫		——	——	
	沟鞭藻			——	——
	栖管化石		——	——	
	钙质超微化石				——
遗 迹 化 石	腹足类		——	——	
	介形类		——	——	——
	垂直管迹	——	——		
	水平管迹		——	——	
	表面啃痕迹			——	——

又下陷,遭受第二次海侵,使水面扩张,形成阜宁群时期更大规模的半深—深水盆地,其边界滨岸部位,因受到后期剥蚀已不复存在。

工作过程中得到江苏石油勘探局勘探开发研究院陈永祥高级工程师各方面协助,承蒙中国科学院青岛海洋所分析古地磁样品,一并深致谢意。

参考文献

- 张国栋、王慧中等,1987,中国东部早第三纪海侵和沉积环境——以苏北盆地为例,地质出版社。
- 俞昌民、王惠基,1981,江苏北部下第三系的管状化石,古生物学报,29卷5期,406—417页。
- 唐天福、薛耀松、周仰康,1979,中国东部沿海下第三系生物灰岩形成环境及其地层意义,华南白垩纪—早第三纪红层现场会议论文选集,科学出版社。
- 何炎,1987,苏北早第三纪有孔虫,古生物学报,26卷,6期,721—727页。
- 宋之琛、郑开惠、刘金陵、叶萍宜、王从凤、周山富,1981,江苏地区白垩纪—第三纪孢粉组合,地质出版社。
- 费富安,1988,对苏北含油盆地地下第三系古环境和古气候的探讨,沉积学报,6卷,1期,21—27页。
- 李任伟、林大兴、黄宛平、干一女,1986,苏北盆地有机地球化学环境分析,中国科学B辑,647—655页。

PALAEOCLIMATIC CONDITIONS AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF WATER BODIES IN THE NORTH JIANGSU BASIN DURING THE FUNING GROUP DEPOSITION (PALAEOGENE)

Zhu Jingchang

Zhang Guodong

Wang Yiyou

(Tongji University, Shanghai)

Abstract

Some speculations upon the palaeoclimatic conditions in the North Jiangsu Basin during the Funing Group deposition (Palaeogene) have been made in the light of the palaeomagnetic, palaeontological and sedimentological methods, and the detailed analyses have also been made on physico-chemical properties of the water bodies in the basin at that time with the aid of the indicators of palaeosalinity, palaeotemperature, palaeodepth, pH and Eh values and the degree of oxidation and reduction.

The North Jiangsu Basin lay in the low- to middle-latitude zones (11—23°N), and the palaeoclimates should be tropical or subtropical during the Funing Group deposition. The water bodies in Members 1 and 3 were para-acidic fresh—brackish water with shallower water depths, suggesting a oxidation-weak reduction environment, whereas those in Members 2 and 4 were para-alkaline brackish water with deeper water depths, suggesting a reduction-strong reduction environment. The temperatures of the water bodies ranged in general between 23 and 30°C during the Funing Group deposition. It is clear that the results outlined above are of some interest in the study of the Palaeogene sedimentary environments in eastern China and in the search for oil and gas.