

浙江省栖霞组沉积微相、旋回、沉积环境及其演化规律

何海清

(中国石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院, 北京 100083)

摘要 本文以研究区三条主干研究剖面沉积微相、沉积韵律、沉积旋回及生物生态分析为基础, 对研究区栖霞组的沉积环境及其演化规律进行了讨论, 研究结果认为, 浙江省栖霞组属于潮下低能开阔无障壁环境沉积, 形成于向东南缓倾斜的碳酸盐岩缓坡沉积背景。

关键词 沉积微相 沉积旋回 碳酸盐岩 沉积环境 栖霞组 浙江省

第一作者简介 何海清 男 30 岁 工程师 沉积学及大地构造学

1 前言

栖霞组在浙江西北部地区分布广泛, 沉积稳定, 特征明显, 主要由碳酸盐岩组成, 早期研究主要侧重于古生物地层方面, 但就沉积学方面的研究则很少。迄今为止, 还很少见到有关其沉积学研究的报导, 研究程度较低。1992 年 10 月笔者对研究区栖霞组进行了较全面的野外考察, 并依地理、沉积演化角度考虑, 优选了三条研究剖面, 即长兴煤山剖面、桐庐冷坞剖面及江山双塔底剖面(图 1), 通过详细的野外观察资料、测制资料和室内分析结果对研究区栖霞组沉积微相、沉积韵律、沉积旋回、沉积环境及其演化规律进行了综合分析, 取得了一些新认识。

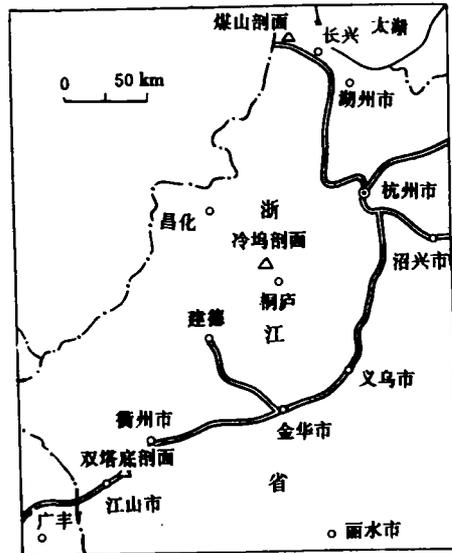


图 1 研究区地理位置及剖面位置图

Fig. 1 Map showing the location of the studied area and sections

2 沉积微相、沉积韵律及沉积旋回

2.1 沉积微相

根据研究区栖霞组岩石中生物碎屑种类、含量及沉积结构和构造特征, 将栖霞组划分为 7 种微相类型:

A 裸海松藻泥(微)晶灰岩 以裸海松藻化石极为丰富为特点, 其次有蠕孔藻、米芥

藻、海百合茎、腕足壳、刺、三叶虫壳、有孔虫、介形虫等，生物碎屑一般较破碎，生物扰动构造不发育，不显层理。通过对藻类生态分析，该微相形成于较平静的浅水环境中，水深不超过10—15 m (J. D., Milliman, 1977)。

B 含生物碎屑泥晶灰岩 含少量保存较好的生物碎屑，而且藻屑并不占主导地位，生物包括藻、有孔虫、介形虫等，一般为中、薄层状。根据上述生物屑少、藻类不发育、有孔虫、介形虫为小壳化石等特征，说明沉积水体较微相 A 稍深。

C 水平纹层状生物碎屑灰岩 藻类化石极少，以介壳碎屑的定向排列为特点，介壳碎屑主要为海百合茎、苔藓虫及腕足碎屑，次有有孔虫、三叶虫等，岩石中有机质含量普遍较高。该微相的一个显著特点是具腕足、苔藓虫、海百合生物组合，这在江山双塔底和桐庐冷坞都有发现，海百合数量较少，腕足为个体小、凹凸型、薄壳、营躺卧生活，一般壳薄在5 mm左右，壳长和壳宽在10 mm左右的壳体为最多，壳小而薄反映低能环境；苔藓虫呈扇体状，在岩层断面上可延续数厘米，主要由窗格苔藓虫组成，保存完好，因而象苔藓虫这种容易破碎的生物能有这样良好的保存状况，无疑反映较静水环境。通过对该生物群组合生态分析表明其形成于水体温暖、温度正常、水质清洁、水体流动微弱、沉积速率较低的浅海陆架较深水沉积，其深度范围大至在30—100 m之间^[1]。

D 纹理状钙质泥(页)岩及硅质泥(页)岩 黑色或灰黑色，常与微相 C 互层或夹有灰岩透镜体，生物化石较少，主要为小壳腕足及有孔虫等，同微相 C 一样形成于浅海陆架较深水环境。

E 硅质岩类 栖霞灰岩中普遍含有燧石结核或团块及条带状燧石，另外存在薄层状硅质岩。燧石团块(方便起见用 E_1 表示)常与微相 A 一起出现，而条带状燧石(用 E_2 表示)与微相 C 或 B 出现。燧石团块或条带中生物特征与其相互的岩相相近。薄层状硅质岩(用 E_3 表示)在长兴煤山剖面发育，生物以含海百合茎、腕足、介形虫、有孔虫及硅质海绵骨针为特征，属浅海较深水环境沉积。

F 生物碎屑微晶、亮晶灰岩 主要在长兴煤山和桐庐冷坞剖面见到，生物化石以有孔虫、海百合、腕足、三叶虫为主，其次有部分藻类及球粒等，为微晶-亮晶胶结，为高能浅滩环境沉积。

G 生物建隆相 为海绵及珊瑚构成的点礁(patch reef)或生物丘体，在长兴、桐庐都有不同程度的发育。

上述7种微相可根据岩石中生物碎屑含量多少、生物碎屑门类及岩石构成特征进一步细分。

2.2 沉积韵律

在剖面上7种微相常相互叠置而形成韵律或组合，主要有6种：

(1) BA 韵律：由中薄层生物碎屑泥灰岩及厚层状裸海松藻灰岩组成，单个韵律层厚一般0.5—2.5 m

(2) E_1 BA 韵律：表现为中厚层状微相 A 与中薄层状微相 B 及断续状分布的燧石团块之间的韵律沉积，单个韵律层厚一般0.5—2.0 m。

(3) E_2 B 韵律：存在有两种现象，即一种为微相 B 向上逐渐增厚的韵律，另一种为微相 B 向上逐渐变薄的韵律沉积，单个韵律层厚一般20—50 m。

(4) CDE₂ 韵律：以微相 C 为主，微相 D、 E_2 为薄层或极薄层状，单个韵律层厚一般小

于 20 cm, 表现为黑色或灰黑色及纹理状, 可夹有泥灰岩透镜体。

(5) DE₃ 韵律: 以薄层硅质岩为主, 主要发育于长兴煤山剖面。

(6) AFG 组合: 在长兴、桐庐剖面见到, 由厚层微相 A 与浅滩生物亮(微)晶灰岩及生物建隆相组成。

2.3 沉积旋回

根据上述沉积韵律及组合在剖面上的发育特征, 栖霞组总体可划分为两大沉积旋回, 每个沉积旋回由以下 6 段组成 (图 2):

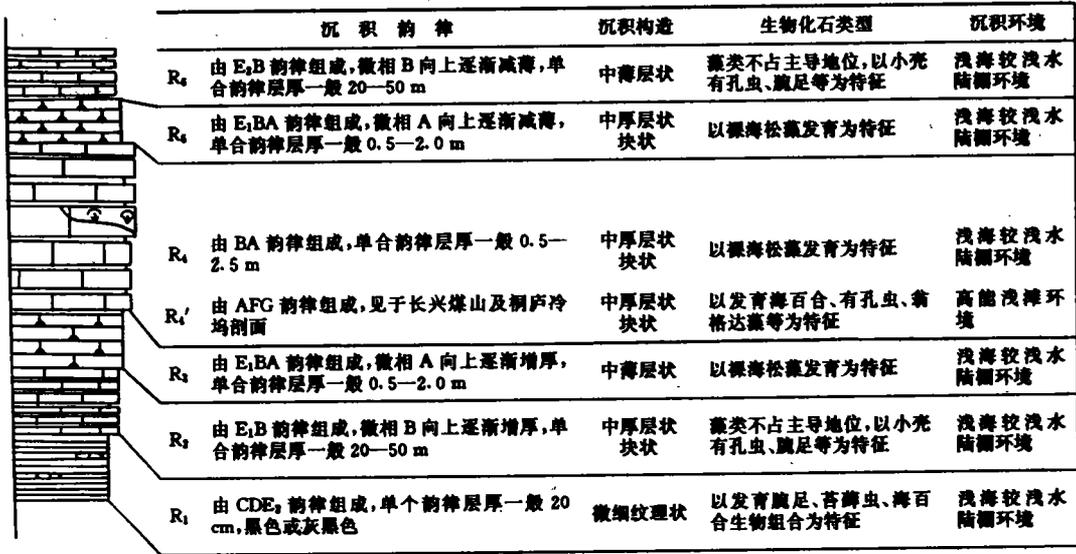


图 2 研究区栖霞组沉积旋回模式图

Fig. 2 Depositional cycle model of the Qixia formation in Zhejiang Province

R₁: 黑色、灰黑色薄层钙、硅质泥(页)岩夹薄层灰岩或灰岩透镜体, 以微相 C 发育为其特征, 即相当于 CDE₂ 韵律。在长兴煤山剖面, 该段由单纯的薄层硅质岩 (E₃) 组成。

R₂: 由中薄层状生物碎屑泥晶灰岩夹燧石条带组成, 以 E₂B 韵律发育为特征, 而且表现为向上灰岩层增厚、燧石条带减少。

R₃: 由中薄层或厚层状燧石灰岩组成, 以 E₁BA 韵律为特征, 而且灰岩层向上逐渐变厚。

R₄: 由中薄层状生物碎屑泥灰岩与厚层状裸海松藻泥灰岩组成, 且以后者为主, 相当于 BA 韵律沉积。

R₄': 由 AFG 组合构成, 在长兴及桐庐剖面上部旋回的局部层段发育。

R₅: 其组成同 R₃, 但与 R₃ 不同的是灰岩层向上逐渐变薄。

R₆: 其组成同 R₂, 但与 R₂ 不同的是灰岩层向上减薄, 燧石条带有增多现象。

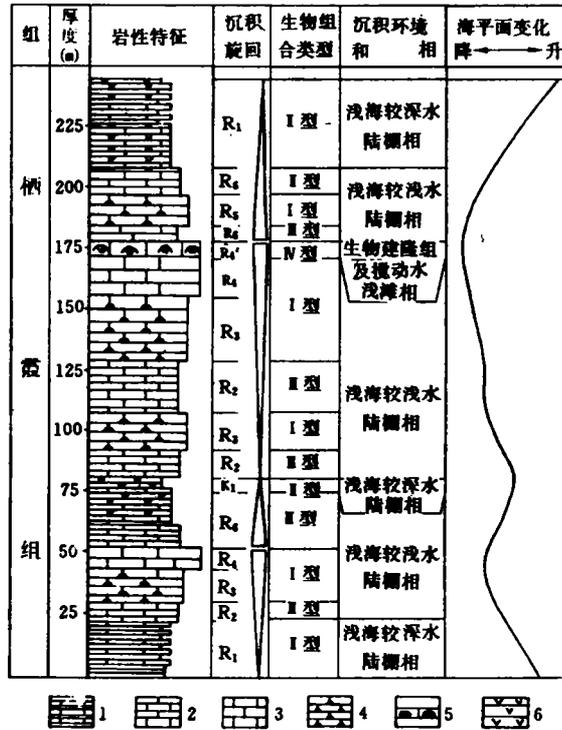
研究区所选剖面的沉积旋回特征分别见图 3、图 4 和图 5。

3 沉积相及沉积环境

浙西北地区栖霞组碳酸盐岩中, 生物组分占有相当重要的地位, 是主要的造岩组分, 碳

酸盐岩的70%以上为生物碎屑灰岩,其中生物门类繁多,含量也很丰富,包括藻类、有孔虫、蜓、棘皮类、腕足、海绵骨针、苔藓虫、介形类、三叶虫、海绵、珊瑚、腹足类、牙形刺等十多个门类。虽然在研究区不同地点生物特征稍有变化,但总体特征是基本相近的,即主要的生物碎屑及主要的生物碎屑构成的灰岩类型在每个剖面都有其对应的层段,而且生物数量、类型等特点也可相互对比,因而研究灰岩中所含生物化石的类型、特点及生态对于沉积环境判定有极重要的意义。

栖霞组中生物群的生态以底栖固着为主,少数为底栖移动和营漂浮生活,化石骨骼成分绝大多数为钙质,少数海绵骨针为硅质,薄片观察表明,窄盐性生物极少,基本上全由正常海环境生物化石所占据,藻类发育,因而总体反映栖霞组沉积形成于气候温暖、盐度正常的浅海环境。生物化石以藻类、有孔虫、棘皮类、腕足、苔藓、珊瑚、海绵骨针为多,岩石中的化石组合类型明显可划分为四大类型(图3、4、5):①以裸海松藻为主的组合类型(I型),出现于中厚层状(部分中薄层状)生屑灰岩中,生屑除裸海松藻外,次有假蠕孔藻和米齐藻、有孔虫、腕足、苔藓虫、海百合、三叶虫壳、介形虫壳及少量腹足化石,为较弱水动力条件下的产物,裸海松藻的大量发育说明水体不但较平静、清洁外,而且分布在透光带以上,因而中厚层状(部分中薄层状)生屑灰岩是一种较浅水正常海潮下低能沉积环境的产物。②以苔藓虫、腕足、海百合组成的类型(II型),其中极少见到藻类化石的出现,存在于黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹理状灰岩薄层及灰岩透镜体沉积、薄层硅质岩沉积及部分中薄层状生屑灰岩中,它们共同的特点是藻类化石极少,在一定程度上反映它们形成于透光带以下,而且岩石颜色较暗,普遍含有机质组分且具纹理,化石种类较多,全为正常海分子,因而主体可能属于透光带及氧化界面以下较深水低能环境产物,特别是在薄层状泥晶灰岩中的腕足、苔藓虫、海百合生物组合,它是一种反映浅海较深水环境比较典型的生物组合类型。③为多门类化石都有分布的类型(III型),出现于中薄层状生屑灰岩中,生物包括藻、有孔虫、腕足、海百合、三叶虫、介形虫等,藻屑并不占主导地位。生物屑



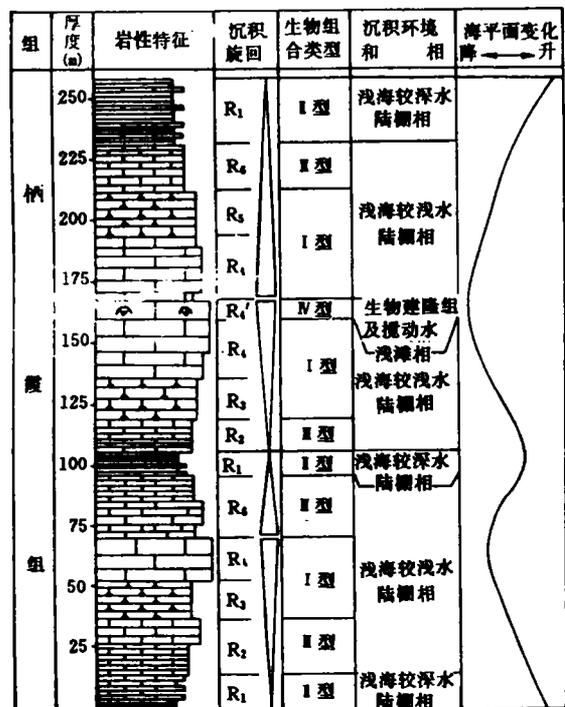
1. 黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹理状灰岩薄层及灰岩透镜体
2. 中薄层状生屑灰岩
3. 中厚层状生屑灰岩
4. 含礁石团块或结核灰岩
5. 生物格架岩
6. 微细纹层状硅质岩

图3 浙江省长兴煤山栖霞组沉积旋回、沉积环境及海平面变化特征

Fig. 3 Characteristics of depositional cycles, sedimentary environment and relative sea-level change of the Qixia formation in the Changxing Meishan section, Zhejiang Province

成于透光带以下,而且岩石颜色较暗,普遍含有机质组分且具纹理,化石种类较多,全为正常海分子,因而主体可能属于透光带及氧化界面以下较深水低能环境产物,特别是在薄层状泥晶灰岩中的腕足、苔藓虫、海百合生物组合,它是一种反映浅海较深水环境比较典型的生物组合类型。③为多门类化石都有分布的类型(III型),出现于中薄层状生屑灰岩中,生物包括藻、有孔虫、腕足、海百合、三叶虫、介形虫等,藻屑并不占主导地位。生物屑

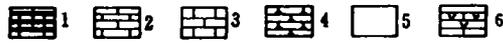
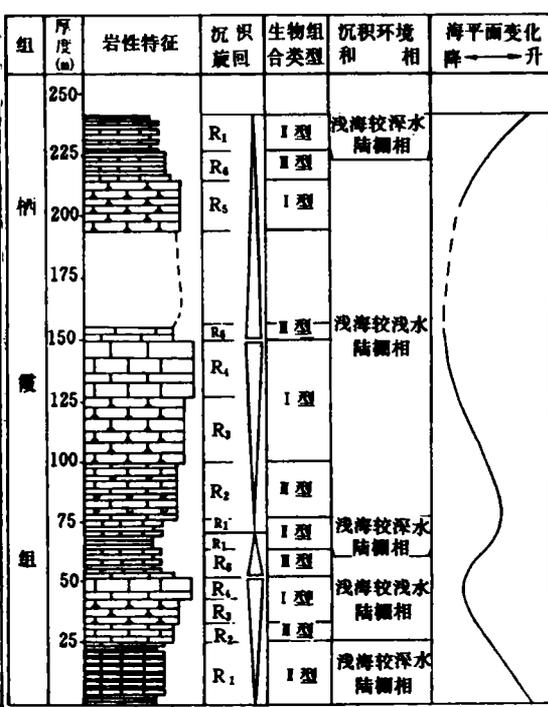
通常少于 20%，依藻类不发育、有孔虫、腕足、介形虫为小壳化石及部分具微细纹理等特征，说明沉积水体能量低，其生活的水体深度较 I 型生物组合要稍深。④ 含翁格达藻生物组合类型 (IV 型)，存在于含翁格达藻亮晶灰岩中，生物主要为有孔虫、海百合、翁格达藻、蜓等，为高能环境产物。



1. 黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹层状灰岩薄层及灰岩透镜体 2. 中薄层状生屑灰岩 3. 中厚层状生屑灰岩 4. 含燧石团块或结核灰岩 5. 生物格架岩

图 4 浙江省桐庐冷坞栖霞组沉积旋回、沉积环境及海平面变化特征

Fig. 4 Characteristics of depositional cycles, sedimentary environment and relative sea-level change of the Qixia formation in the Tonglu Lengwu section, Zhejiang Province



1. 黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹层状灰岩薄层及灰岩透镜体 2. 中薄层状生屑灰岩 3. 中厚层状生屑灰岩 4. 含燧石团块或结核灰岩 5. 被掩盖地层 6. 微细纹层状硅质岩夹纹层状灰岩薄层

图 5 浙江省江山双塔底栖霞组沉积旋回、沉积环境及海平面变化特征

Fig. 5 Characteristics of depositional cycles, sedimentary environment and relative sea-level change of the Qixia formation in the Jiangshan Shuangtadi section, Zhejiang Province

根据生物生态和共生组合及沉积微相等综合分析，可将研究区栖霞组沉积划分为四个沉积亚相 (图 3、4、5)。

3.1 搅动水浅滩相

岩石中生物化石丰富，以有孔虫、棘皮类为主，次有腕足类、苔藓虫、蜓、介形类、三叶虫和少量蠕孔藻等，另外有少量碳酸盐球粒，化石多被破碎，并有明显的磨蚀和分选等

特征,胶结物为微晶或亮晶方解石,反映了一种中、高能沉积环境。但岩石中缺乏明显反映高能环境的鲕粒存在,而且这类岩石在地层中分布局限且较薄($<2\text{ m}$),因而说明一方面可能是水体能量并不是非常强,另一方面这种中、高能的环境持续时间较短。主要见于长兴煤山和桐庐冷坞剖面上部旋回的局部层段。

3.2 生物建隆组

在研究区栖霞组沉积时期,还没有发现有大的生物礁存在,而且在整个研究区内,就有关生物建隆的任何报导也为数极少。本文通过对研究区栖霞组岩石学、沉积学的详细工作,作者认为研究区存在小型的点礁(patch reef)或生物丘。骨架岩由造架生物海绵和珊瑚组成,而粘结岩不是很发育,海绵呈丛状,高可达 $10\text{--}20\text{ cm}$,枝管间为生物碎屑和微(亮)晶充填,另外在骨架岩下伏岩层中存在角砾岩沉积,应为礁前角砾岩。出现在长兴、桐庐剖面栖霞组上部旋回的局部层段。

3.3 较浅水陆棚相

主要特点是灰岩中以含有大量藻类和孔虫化石为特点,其次有棘皮类、钙质海绵骨针、腕足、苔藓虫、介形虫、三叶虫壳等,生物碎屑个体大小差异较大,保存一般较好,岩石中除生物屑外,主要为泥晶方解石,因而反映了海水盐度正常,气候温暖,能适应大量的生物生存和发育,而且水动力条件较弱,同时说明了其沉积水体深度应处于正常浪基面附近以下的低能环境,相当于剖面中每个旋回的中部层段。

3.4 较深水陆棚相

以黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹理状灰岩薄层及灰岩透镜体沉积、薄层硅质岩及部分中薄层生屑灰岩组成。岩石普遍为黑色或灰黑色,极少有藻屑存在,生物化石含量一般较低($<20\%$),生物种属相对比较单调,灰泥、粘土、硅质和生物屑是主要构成组分,具平行纹理,反映静水的悬浮沉积作用占主导地位。根据其颜色为灰黑、黑色及极少有藻屑存在,且在灰岩透镜体中常含有各种正常海相环境化石及沉积构造,说明该亚相沉积物应沉积于氧化界面以下,而且可能在透光带以下,水体盐度正常且相对静水的陆棚较深水沉积环境。相当于剖面中每个旋回的下部和上部层段。

4 栖霞组成因分析

浙西北栖霞组沉积稳定,分布广泛,沉积物中陆源碎屑的注入影响甚小,当时的构造极为稳定,无同期火山活动,因而栖霞组沉积主要受全球海平面波动和古气候及古水文条件等的影响。研究剖面中以中厚层状生屑灰岩为主层段,生物以大量藻类发育为特色,而且一般保存较好,除上部旋回存在局部的高能环境,即有微晶-亮晶灰岩及点礁或生物丘外,总体表现为较低能的沉积环境,而微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹理状灰岩薄层及灰岩透镜体沉积、薄层硅质岩沉积及部分中薄层状生屑灰岩层段,为黑色、灰黑色含有机质的贫氧环境沉积,属典型低能较深水环境,这种较深水、较浅水及局部高能环境的变化反映了海平面的波动变化。由于栖霞组沉积时,研究区属于一种广阔的陆表海背景,可能再加上当时的气候条件特点,使得整个沉积水体相对风平浪静,因而一定程度的海平面上升可以造成底部水体的停滞和流通不畅,从而造成较深水的贫氧的沉积环境,但无论如何,栖霞组沉积物中生物化石丰富,种类繁多,而且不存在因地理屏障而形成的局限泻湖相沉积,

因而反映出其沉积环境与广海具有较好的连通性。据冯增昭(1991)^[2]对华南栖霞组的研究,认为其沉积环境的形成与极地冰川消融、上升流发育时的水体分层有关,同时,吕柄全等(1989)^[3]通过对下扬子早二叠世沉积相研究认为,下扬子地区下二叠统为缺氧环境产物,其中阵发性和周期性燧石、硅质岩沉积和古生物特征的变化是上升流的体现,所以影响研究区栖霞组沉积环境的主要因素并非盆地内部因素,而是全球海平面变化及沉积水介质条件和古气候条件,即在海平面较低时,水体处于扰动状态,充氧较好,以藻类的大量繁殖,其它正常海相生物的发育为特点,而且在局部地形稍高部位形成了生物丘或点礁及局部高能浅滩环境,沉积物以中厚层状生屑灰岩为主,而当海平面上升时,氧化还原界面随之上升,水体底部流通不畅而处于贫氧状态,抑制了藻类和其它生物的生长发育,除个别灰岩薄层或透镜体中有较多且种类丰富的海相底栖生物外,主要以小而薄壳的介形类、腕足类等发育为特色,岩石中多具水平层理,且多富泥质和有机质。同时我们注意到,栖霞组沉积时期,海平面变化是一种比较缓慢的升降变化,不具备阵发性的特征。

5 栖霞组沉积演化

通过对三条剖面的研究,栖霞组总体属于盐度正常、无障壁浅海低能(局部中、高能)开阔海沉积环境沉积,沉积相和沉积环境演化主要受海平面变化的控制,三个剖面之间具有可比性,但是在沉积岩相、生物特征及其组合、水体能量、沉积水深等特征上相互之间明显具有各自的特点,主要表现在以下几个方面。

5.1 在岩性特征上

三个剖面都发育两大套由中厚层状(部分中薄层状)生屑灰岩组成的层段,但各自在特点上仍有区别,对于下部旋回,特征基本上相近,同为以裸海松藻泥晶灰岩为主的岩相特点,而上部旋回,长兴剖面以微晶、亮晶灰岩为主且有生物丘(点礁)存在,桐庐剖面主体以泥(微)晶灰岩为主,夹一套由微晶-亮晶灰岩及生物丘或点礁组成的层段,而江山剖面则极少出现微晶和亮晶灰岩,主体由泥晶灰岩组成。除中厚层状(部分中薄层状)生屑灰岩段之外,其它岩性特征也有明显差别,即中厚层状(部分中薄层状)生屑灰岩段上下地层单元在岩性上在三个剖面均有不同程度的差别,在长兴煤山地区为硅质(泥)岩和纹理状灰岩组成,桐庐地区为黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹理状灰岩薄层及灰岩透镜体沉积及中薄层生屑灰岩组成,约占剖面的20%,而在江山地区为黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹理状灰岩薄层及灰岩透镜体沉积及中薄层生屑灰岩组成,约占剖面的30%—40%,因而反映了自长兴—桐庐—江山,黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹理状灰岩薄层及灰岩透镜体沉积及中薄层生屑灰岩层段在剖面中的厚度及所占比例明显增大而硅质岩比例减少。

5.2 生物特征及其组合

最为明显的特点是在长兴剖面的上部旋回中,出现了翁格达藻而裸海松藻已不占主要地位,桐庐和江山剖面中则缺乏翁格达藻,岩石中以裸海松藻占主导地位,另外在长兴、桐庐剖面中有小型生物丘(点礁)存在,而在江山剖面中不具此特点;第三是反映浅海较深水沉积环境的苔藓虫、腕足和海百合组成的生物群落在长兴剖面中未见分布,在桐庐剖面分布局限,而在江山剖面中则大量分布。

5.3 水体能量

长兴剖面中以具较多微晶、亮晶灰岩、翁格达藻亮晶灰岩,存在生物骨架岩,黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹理状灰岩薄层及灰岩透镜体沉积不发育,反映总体能量较高;桐庐剖面上部旋回局部存在微晶-亮晶灰岩及生物骨架岩,藻类以裸海松藻为主,局部有苔藓虫、腕足、海百合群落组合,分布有黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹理状灰岩薄层及灰岩透镜体沉积及中薄层生屑灰岩等特征,反映总体能量较低,存在局部能量较高环境;江山剖面中厚层状(部分中薄层状)生屑灰岩主要为泥晶灰岩,缺乏生物骨架岩及微晶、亮晶灰岩,藻类主要为裸海松藻,黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹理状灰岩薄层及灰岩透镜体沉积及中薄层生屑灰岩较发育,苔藓虫、腕足、海百合生物组合发育等特征反映其属较低能沉积环境。因而自长兴—桐庐—江山沉积水体的水动力能量有由强到弱的演化规律。

5.4 沉积水深

对于沉积水体深度的判定,生物的生态、组合是最有用的标志,长兴剖面最富有特色的是出现了大量翁格达藻,它是浅水高能环境产物,水体一般较浅,整个剖面中无苔藓虫、腕足、海百合群落组合存在。桐庐剖面藻类以裸海松藻为主,剖面中存在苔藓虫、腕足、海百合群落组合,说明沉积水体较长兴剖面稍深。江山剖面最大的特点就是剖面中含有较多反映浅海较深水环境的苔藓虫、腕足、海百合生物组合,且藻类以裸海松藻为主,因而较长兴和桐庐的沉积水体都要深。即由长兴—桐庐—江山有沉积水体逐渐加深的规律。

综上所述,在浙西北地区,栖霞组沉积时期,自西北向东南沉积水体逐渐加深,水体能量逐渐降低,水体盐度正常,开阔无障壁,因而形成于一种向东南缓倾斜的碳酸盐缓坡沉积背景。其沉积特征及其演化可以用 Ahr (1973)^[4]提出的碳酸盐缓坡型(Carbonate ramp)模式来加以解释。即在栖霞组沉积时期,研究区西北为“江南古陆”,向东南为一华南洋,沉积背景为一缓倾斜的缓坡。另据作者对研究区栖霞组层序地层学分析表明(见另文),在海侵体系域(TST)的晚期和高水位体系域的早期(EHST)沉积了长兴地区的硅质(泥)岩段及纹理状灰岩段,在桐庐、江山地区沉积了黑色、灰黑色微细纹层状钙、硅质泥(页)岩夹纹理状灰岩薄层及灰岩透镜体沉积及中薄层生屑灰岩,代表浅海较深水缓坡环境沉积,而在高水位体系域晚期(LHST)沉积了栖霞组中厚层状(部分中薄层状)生屑灰岩沉积。海平面变化是控制栖霞组沉积相及序列演化的主要因素,而且表现为长缓变化的特点。

6 结 语

本文以所选三条剖面的研究为基础,以沉积微相—沉积韵律—沉积旋回—沉积相和沉积环境—沉积演化的研究为主线,结合野外和室内分析和研究,分析了浙江省栖霞组的沉积特征及演化。通过上述系统的研究得出了以下认识:

(1) 栖霞组沉积由7种微相类型组成,可划分为二个大的沉积旋回,每个沉积旋回由6个韵律沉积或组合有机组成的6段沉积所构成。

(2) 浙西北栖霞组除在长兴和桐庐地区局部层位存在高能成礁或浅滩环境外,总体属于潮下低能环境产物,同沉积期不存在地理屏障,与广海具有较好的连通性。

(3) 根据沉积、生物生态等特征分析,将栖霞组沉积划分为4种沉积亚相,即搅动水浅滩相、生物建隆相、较浅水陆棚相和较深水陆棚相。

(4) 沉积岩相、生物生态特征及其组合、水体能量、沉积水深等的研究表明,栖霞组沉积时期,自西北向东南沉积水体逐渐加深,水体能量逐渐降低,水体盐度正常,开阔无障壁,形成于一种向东南缓倾斜的碳酸盐缓坡沉积背景。

(5) 海平面变化是控制栖霞组沉积相及序列演化的主要因素。

参 考 文 献

- [1] 沙庆安,吴望始,傅家谟主编.黔桂地区二叠系综合研究—兼论含油气性.北京:科学出版社,1990.
- [2] 冯增昭等.中下扬子地区二叠纪岩相古地理.北京:地质出版社,1991,244.
- [3] 吕炳泉等.下扬子地区早二叠世海进和上升流形成的缺氧环境沉积.科学通报,1989,34(22):1721—1724.
- [4] Ahr W M. The Carbonate Ramp: an Alternative to the Shelf Model. Trans, Gulf Coast Assoc, Geol, Soc, 1973, 23: 221—225.

Depositional Microfacies, Cycles, Sedimentary Environment and Evolution of the Qixia Formation in Zhejiang Province, China

He Haiqing

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing 100083)

Abstract

Based on the sedimentary microfacies and bioecologic analysis of the Qixia formation of three sections in studied area, this paper summaries the depositional rhythms, cycles and sedimentary environment of the Qixia formation, and further analyses the characteristics of its sedimentary evolution. The results suggest that the Qixia formation was formed in a subtidal, low energy, open and non-barrier carbonate ramp belt.

Key words: depositional microfacies depositional cycle sedimentary environment carbonate rock qixia formation zhejiang province of china