

浙江江山奥陶纪岩相古地理及其构造控制

郭福生

(华东地质学院, 江西临川)

[内容提要] 根据岩石学、古生态学、地球化学特征及沉积序列, 结合区域地质资料的系统研究, 本文论述了浙江江山地区奥陶纪沉积相与沉积环境的演变规律, 并对本区东侧华夏古陆的存在和加里东运动的作用方式、活动时间提出了可信的论证。

关键词 奥陶纪 沉积相 加里东运动 华夏古陆 浙江江山

与扬子地台主体部分的稳定型沉积相比, 地台东南缘浙西皖南一带的早古生代地层有十分鲜明的沉积学特征, 尤其是奥陶系, 沉积相复杂多样, 反映出两种不同的构造属性。这对认识浙皖地区的构造区划、探索加里东中期地壳运动状态具有重要意义。本文在深入研究浙西江山地区沉积相特征的基础上, 分析沉积环境在空间、时间上的变化, 并探索这种变化的大地构造涵义。

1 岩石地层单位简述

浙江江山是1959年全国第一届地层会议考察地点之一, 前人对该区的奥陶系做过较为详细的古生物学和传统地层学工作^[1-8]。在现代地层学理论和1:5万区域地质填图新方法^[9-11]指导下, 笔者曾根据野外第一手资料和区域地层划分沿革, 详细厘定了浙江江山的岩石地层单位与生物地层、年代地层单位的对比关系^[12]。江山地区奥陶纪地层由7个岩石地层单位组成, 各单位野外直观标志、接触关系及时代归属列于表1。

表1 浙江江山奥陶纪各岩石地层单位特征

Table 1 Characteristics of Ordovician lithostratigraphic units in Jiangshan, Zhejiang

岩石地层单位	主要岩性、岩相特征	年代地层单位	
叶家塘组	上部为紫色薄层状泥质粉砂岩, 中部为灰白色砂砾岩, 下部为黑灰色碳质页岩、高岭石粘土岩、粉砂岩, 产大量植物茎碎片。河流相	大塘期	早石炭世
长坞组	灰绿、黄绿色页岩夹细砂岩、粉砂岩构成韵律层, 产三叶虫、腕足类、笔石。具透镜状层理、水平层理、鲍马序列及有关沉积构造。页岩风化后呈米粒状。厚319.9m。陆棚、浊积岩相	五峰期	晚奥陶世
黄泥岗页岩	砖红色页岩、粉砂质页岩。底部发育钙质及硅质结核, 顶部夹绿色页岩。生物繁盛, 常见珊瑚、三叶虫、腕足类、头足类, 个体完整, 多保存于钙质结核中。厚22.4m。陆棚相	石口期	
砚瓦山灰岩	灰绿、紫红色瘤状泥灰岩、粗砾屑灰岩、微晶灰岩夹页岩。产头足类、珊瑚、三叶虫。厚155.2m。碳酸盐台地	濂江期	中奥陶世
胡乐组	黑色薄层硅质岩、页岩、粉砂岩。笔石丰富, 多分布在层面上, 保存完整。发育水平层理、黄铁矿结核。厚29.8m。深水盆地相	胡乐期	早奥陶世
宁国页岩	深灰到黑色笔石页岩, 偶夹灰岩透镜体。厚54.7m。深水盆地相	宁国期	
印渚埠页岩	黄绿色、杂色(顶部)页岩, 偶夹灰岩瘤。产三叶虫。页岩风化后呈叶片状、火柴棒状。厚57.9m。陆棚相	新厂期	
碓边灰岩	灰色薄层状微晶灰岩夹泥灰岩或钙质页岩条带, 底部见白云岩条带。产三叶虫、腕足类。厚329.9m。碳酸盐台地	凤山期	晚寒武世

2 沉积相分析

寒武纪中晚世,浙皖海盆已趋稳定,盆底地形高差不大,沉积环境比较单一,累计沉降幅度相近^[13]。奥陶纪浙皖海盆进入一个新的阶段,海侵范围广,地层厚度大,沉积相序复杂。

2.1 碓边灰岩

碓边灰岩是一个延续时间较长的岩石地层单位,最早发育于早寒武世沧浪铺期末,一直延续到早奥陶世新厂期,为较稳定的台地相碳酸盐沉积。顶部新厂阶部分,由黑灰色薄层微晶灰岩、泥质微晶灰岩与黑色含碳钙质页岩组成,向上钙质页岩增多,碳质减少,偶见生物骨屑,页岩中粘土矿物主要为水云母。水平纹层发育,层厚0.1~1mm。页岩、灰岩有时组成韵律互层,厚3~4cm。产三叶虫、笔石,种属比较单调,生物扰动程度较低。属台地潮下低能带,水体循环不畅。

2.2 印渚埠页岩

由黄绿色页岩偶夹薄层钙质粉砂岩、瘤状泥灰岩组成,上部夹紫红色页岩、紫红色瘤状泥灰岩。页岩中普遍夹不稳定的粉砂质微细条带,粘土矿物主要为水云母,少量高岭石。生物化石以浮游型球接子、笔石为主,少量底栖三叶虫,腕足类少见。化石保存不完整。见倾斜虫孔及生物扰动构造。页岩 Fe^{3+}/Fe^{2+} 为1.17。为正常盐度的中性环境。总体上水体变深,过渡为浅海陆棚。

2.3 宁国页岩和胡乐组

由黑色页岩夹黑灰色薄层硅质岩、泥质粉砂岩,底部夹微晶灰岩。页岩具泥质结构,由泥质及少量碳质组成,偶见石英粉砂混入。硅质岩具生物碎屑结构,海绵骨针已重结晶成微晶石英,形体残缺,具定向排列,骨针之间为石英及隐晶质玉髓充填,含少量泥质及自生白云石、黄铁矿。页岩、硅质岩中水平纹层发育,纹层平直稳定。黑色页岩中黄铁矿结核发育,顺层分布。黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 为-18.5‰,与现代黑海静海部分(黄铁矿 $\delta^{34}S$ 为-21.1‰~-30.5‰)、加里福尼亚圣巴巴拉静海盆地底部(黄铁矿 $\delta^{34}S$ 为-20.0‰~-27.0‰)^[14]的硫同位素数值接近。生物化石单调,仅见繁盛的笔石分布于层面上,保存比较完整。硅质海绵骨针丰富。水底严重缺氧,为较强的还原环境。属陆棚边缘盆地相。

2.4 砚瓦山灰岩

由灰绿色、紫红色瘤状泥灰岩夹含瘤钙质页岩、粗砾屑灰岩、粉砂质页岩组成。瘤状灰岩实际上是钙质页岩——含泥灰岩成分连续的岩石系列(表2),岩石分瘤体和基质两部分,瘤体为微晶灰岩,含5%~15%的生物骨屑,基质由含灰泥岩组成。详细研究表明^[15],瘤状灰岩成因有4种,即压扁瘤状泥灰岩、压溶瘤状灰岩、揉皱角砾状泥灰岩、干裂角砾状灰岩。粗砾屑灰岩砾径一般1~4cm,分选性中等,磨圆度较好,为开阔台地上浅滩沉积物。

表2 瘤状灰岩化学成分和矿物成分

Table 2 Chemical and mineral compositions in nodular limestones in the study area

岩石名称	分析结果 ($w_B/\%$)				矿物含量 ($w_B/\%$)		
	CaO	MgO	CO ₂	酸不溶物	方解石	白云石	白云石/(方解石+白云石)
黑灰色含泥灰岩	39.97	1.50	32.23	23.16	67.62	6.86	9.21
灰绿色泥灰岩	27.96	1.25	23.34	42.92	46.80	5.72	10.88
紫红色钙质页岩	24.95	0.61	19.34	51.80	43.02	2.79	6.09

生物化石门类有头足类、珊瑚、三叶虫、介形虫等。化石保存状态比较复杂,一种见于砾屑和瘤体的微晶灰岩内,为充分松解的三叶虫、腕足类,棘皮类骨板呈生屑颗粒出现,是明显的结构退化;另一种为充填于瘤状钙质泥岩的干裂缝隙中,或与瘤体并存于基质中,后者可见相对完整的个体,但珊瑚可见明显的磨圆。故化石多为异地搬运堆积而成。

灰黑色微晶灰岩 $\delta^{18}\text{O}$ 为 -6.951‰ (PDB)、 $\delta^{13}\text{C}$ 为 1.27‰ (PDB),成岩温度 52.4℃ ,Z值126.43,表明盐度正常。灰岩中 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 为1.13~6.32,变化较大,与盆底氧化还原条件不断更替有关,表现为灰绿色与紫红色交互出现。总体上为开阔台地相,底部水体较深。

2.5 黄泥岗页岩

由紫红色页岩、泥岩组成,顺层夹有灰质及硅质结核。结核呈圆形、椭圆形,形态比较规则,灰质结核常以生物化石个体为核心,因而其形态和大小受化石种类所决定。结核与基质界线比较清楚,其成因可能属沉积结核或与成岩分异作用有关。泥岩呈块状层理,粉砂分布均匀,具强烈的生物扰动现象。生物繁盛、门类多,种属丰富。产海绵、珊瑚、三叶虫、腕足类、腹足类、头足类、锥壳纲及介形类等。以底栖生物化石为主。化石多包容于灰质结核中,个体比较完整,三叶虫的头、胸、尾多未分离,双壳类的背、腹瓣也保存完好,系原地埋藏的化石群。页岩 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 为6.21,为盐度正常、水体循环良好的氧化环境。根据剖面结构及区域对比,该组属浅海陆棚相。

2.6 长坞组

为一套黄绿色的细砂、粉砂及泥质沉积。从沉积学特征分析,可分为正常浅海陆棚相和浊积相两种沉积类型。

浅海陆棚相构成本组主体,由黄绿色灰绿色页岩、粉砂质页岩、钙质页岩组成,发育透镜状层理、波状层理、脉状层理、水平层理及人字型层理。页岩中当硼含量 $w(\text{B})$ 达到 191×10^{-6} 时,与下伏黄泥岗页岩相比,其海水盐度稍低,产三叶虫、腹足类、腕足类、瓣鳃类、头足类等化石。化石个体小,分异度低,腕足类为小型薄壳变种。这种不正常的生态环境可能与水体淡化和混浊有关。三叶虫中以圆尾科为代表,它具有在海域深层浮游的生活习性。化石多保存完整,有时成群出现。

浊积岩相为灰绿、黄绿色细砂岩、粉砂岩、泥岩组成的韵律层。砂岩为岩屑石英杂砂岩、长石岩屑杂砂岩、岩屑杂砂岩,多为细粒,偶见中粒砂。粒度概率曲线具单一直线型或多段折线型,斜率低,反映了近似悬浮搬运的特点。在CM图上为典型的浊流图形。可见冲刷面、槽模、沟模、粒序层理、包卷层理、斜层理及水平层理,具不完整的鲍马序列。该韵律层中尚未发现生物化石,与上述陆棚相形成鲜明对照。从剖面沉积层序分析,在正常沉积中夹有三套浊流沉积层,厚度41~84m不等。代表本区的三次浊流活动期^[6]。

3 区域古地理格局

3.1 早奥陶世新厂期

该期继承了寒武纪台地环境,水深、水体循环条件及盐度均无明显差异,海盆的生物相分带不清。常山、招贤同期沉积中有厚层泥质细砂岩。

3.2 早奥陶世宁国期早时

过渡为陆棚沉积,泥质供给充分,衢州、江山、广丰一线上部见紫红色页岩。在杭州一肖山和石台一泾县有两个碳酸盐台地,发育条带状、角砾状灰岩、白云质灰岩。杭州一肖山台地

边缘有一个高能生物浅滩, 颗粒灰岩发育, 底栖生物化石繁盛。华夏古陆西缘的清水环境为浑水环境所取代(图1)。

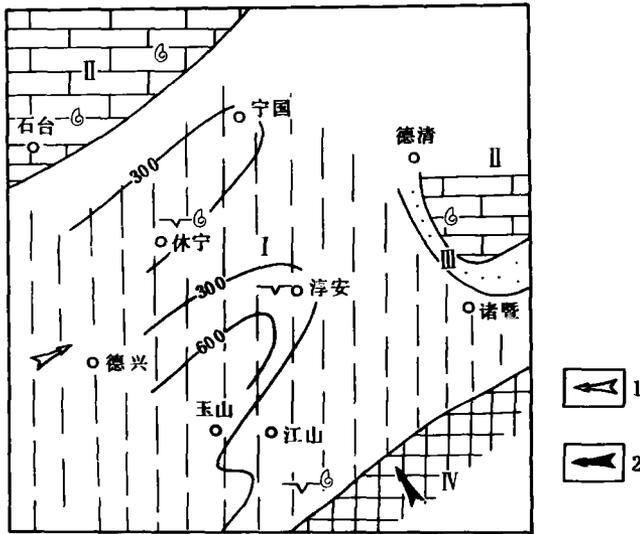


图1 浙西皖南地区宁国期早时(印渚埠页岩)岩相古地理略图

I. 浅海陆棚; II. 碳酸盐台地; III. 台地边缘浅滩; IV. 华夏古陆; 1. 海侵方向; 2. 碎屑物供给方向

Fig. 1 Diagram showing sedimentary facies and palaeogeography of West Zhejiang and South Anhui during the early Ningguoan (Yinzhubu Shales)

I = shallow marine shelf facies; II = carbonate platform; III = platform-margin shoal; IV = Cathaysia;
1 = transgression direction; 2 = provenance direction

3.3 早奥陶世宁国期中晚时和中奥陶世胡乐期

华夏古陆与浙皖海盆整体发生沉降, 浙皖大部分地区成为深水盆地, 盆底处于氧化界面以下, 底层水体停滞, 严重缺氧, 形成一个非常特殊的生态环境, 仅有笔石、海绵等浮游生物生活于水的上层。杭州、石台两个台地继续存在, 生物以头足类为主。

3.4 中奥陶世蕲江期

江山、于潜、余杭一带广泛发育瘤状灰岩夹砂页岩, 化石组合为混合型, 底栖动物(腕足类、大三叶虫、腹足类)和浮游动物(头足类、球节子)共生; 浙皖海盆西部青阳、石台为微晶灰岩, 以浮游型头足类为主; 海盆东侧诸暨一带为含钙质瘤状页岩, 只产底栖型化石, 代表了华夏古陆西侧的砂泥坪^[15]。上述沉积相带分布规律表明, 华夏古陆当时确实存在, 并为瘤状灰岩的形成提供泥质浑水系。

3.5 晚奥陶世石口期

海盆进一步发展成开阔陆棚环境, 盆底地形平坦, 水流通畅, 生物繁盛。

3.6 晚奥陶世五峰期

浙皖海盆盆底地形开始分化, 自东而西成为潮坪、陆棚和深水盆地三个相区。在玉山至常山还有一个小型岸礁^[17]。陆棚大部分地区由于浊流带入大量泥砂而得到充分补偿, 厚度最大可达2650m。绩溪、宁国一带盆地补偿贫乏, 厚度仅为前者的十分之一。

4 沉积环境演化的构造控制

中、晚寒武世浙皖海盆维持了长期的局限台地环境, 这种状况一直延续到早奥陶世初

期,随着世界海平面的普遍抬升,水体变深,灰质沉积被泥质沉积取代,盆底地形差异缩小,地壳处于相对稳定状态。

早奥陶世中期到中奥陶世早期,在世界性海退的背景下,浙皖海盆却由广阔的陆棚变成大面积的深水盆地,这种环境的变迁显然与地区性地壳下沉有关^[18]。这次沉降的影响范围向北一直延到苏杭地区^[19],向南限于赣北九岭海底高地北缘。从地层厚度及其沉积序列所反映的补偿状态分析,盆地具拗陷特点,纵贯海盆的几条深断裂无明显活动。虽然盆地边缘相带为后期构造破坏,但盆地内陆源粗碎屑混入物很少,也间接地证明华夏古陆无强烈的上升。

中奥陶世中期到晚奥陶世早期,海盆盆底由严重缺氧迅速变为富氧状态,灰泥代替了泥硅质沉积,底栖生物代替了笔石生物,这一切均表明盆底已抬升到氧化界面附近。中奥陶世是世界性海侵高潮,此时浙皖海盆水体变浅只能是地壳抬升和补偿加强的结果,这种区域性抬升在华夏古陆边缘表现比较明显。

晚奥陶世晚期,受华南加里东褶皱运动的影响,海盆盆底的深断裂活动急速增强,控制着盆地大幅度下沉,盆底地形分异加强,华夏古陆急速抬升^[16]。由于陆源碎屑大量带人,形成大规模浊流向海盆深处运动。奥陶世末由于补偿过剩、华夏古陆持续抬升和世界性海退,导致海盆沉降中心西迁,浙皖海盆开始向志留纪的滨海环境转化。加里东抬升运动之后,本区早石炭世开始接受河流相粗碎屑堆积^[20]。

5 几点结论

1. 江山奥陶纪沉积相序自下而上为:局限台地相—陆棚相—深水盆地相—浅海陆棚相及浊积岩相。

2. 加里东中期地壳运动为差异升降运动。奥陶纪初地壳稳定,早奥陶世中期以后,海盆活动性逐渐增强,出现大面积深水缺氧沉积和浊流沉积,盆底地形分异加剧。晚奥陶世五峰期海盆受深断裂控制,呈地堑盆地出现。

3. 区域古地理构局表明,该区东侧的“华夏古陆”确实存在,并且是奥陶纪浙皖海盆的主要陆源供给区。

参加工作的还有梁鼎新及张敬礼、林银山、许玩宏、陈联儿、陈少华、陈跃辉、李浩昌等,戎嘉余先生鉴定了部分化石,岩石化学、微量元素和粘土矿物差热分析由江西省地矿局实验测试中心完成,同位素分析由地矿部岩矿测试技术研究所完成,作者谨致谢意!

参 考 文 献

- 1 卢衍豪等. 浙西古生代地层新见. 地质知识, 1955, (2): 1~6
- 2 全国地层委员会(卢衍豪等). 全国地层会议学术报告汇编(浙西地层现场会议). 北京: 科学出版社, 1963
- 3 盛莘夫. 中国奥陶系划分和对比. 北京: 地质出版社, 1974
- 4 卢衍豪等. 浙江寒武-奥陶系的分界及所含的三叶虫. 古生物学报, 1980, 19(2): 118~135
- 5 赖才根等. 中国的奥陶系. 北京: 地质出版社, 1982
- 6 韩乃仁等. 浙江江山下奥陶统宁国组的新认识. 桂林冶金地质学院学报, 1984, 4(1): 1~8

- 7 卢衍豪等. 中国的寒武-奥陶系界限及其附近的化石带. 古生物学报, 1985, 24(1): 5~17
- 8 韩乃仁. 浙江江山古生物地层研究述评. 桂林工学院学报, 1996, 16(3): 203~216
- 9 全国地层委员会. 中国地层指南及中国地层指南说明书. 北京: 科学出版社, 1981
- 10 张守信. 理论地层学. 北京: 科学出版社, 1989
- 11 周维屏等. 1: 5 万区调地质填图新方法. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993
- 12 郭福生. 浙江江山岩石地层单位的厘定及应用研究. 华东地质学院学报, 1994, 17(3): 254~263
- 13 彭花明. 浙江江山寒武纪沉积相研究. 岩相古地理, 1997, 17(1): 50~53
- 14 成都地质学院沉积所. 沉积地球化学应用讲座(五). 岩相古地理, 1988(2)
- 15 郭福生等. 浙江江山碗瓦山组瘤状灰岩的成因. 矿物岩石, 1993, 13(3): 74~80
- 16 梁鼎新、郭福生. 浙江江山晚奥陶世浊积岩系特征及浙西浊积扇模式的探讨. 岩相古地理, 1992(2): 21~27
- 17 陈旭等. 江西玉山祝宅晚奥陶世地层、沉积特征及环境初探. 地层学杂志, 1987, 11(1): 23~34
- 18 H. G. 里丁. 沉积环境和相(中译本). 北京: 科学出版社, 1985, 10~19
- 19 鞠天吟. 对苏杭地区早古生代地层的认识. 地层学杂志, 1979, 3(4)
- 20 郭福生. 浙江江山晚古生代岩相古地理及其构造控制. 岩相古地理, 1993, 13(6): 44~52

The Ordovician sedimentary facies and palaeogeography and their tectonic controls in Jiangshan, Zhejiang

Guo Fusheng
East China Geological Institute

ABSTRACT

In the light of petrographic, palaeoecological and geochemical characteristics and sedimentary sequences, in reference to regional geological data, the present paper deals with the evolution of the Ordovician sedimentary facies and environments in Jiangshan, Zhejiang. The Ordovician sedimentary facies sequences here are classified, from base upwards, into restricted platform facies, shelf facies, deep-water basin facies, shallow marine shelf facies and turbidite facies. The crustal movements operating in the middle Caledonian are characteristic of differential elevation and subsidence. The crust was stable during the Early Ordovician. From the middle Early Ordovician onwards, the increasing basin activities resulted in the development of wide-spread deep-water anoxic sediments and turbidity current sediments. Till the Wufengian (Late Ordovician), the marine basin became a graben basin controlled by deep faults. There was indeed the "Cathaysia" on the eastern part of the study area, which was believed to be a principal source area for the Zhejiang-Anhui marine basin during Ordovician Time.

Key words: Ordovician, sedimentary facies, Caledonian movement, Cathaysia, Jiangshan in Zhejiang