

长江三峡地区泥盆纪层序地层及海平面变化*

段其发 张仁杰

(宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003)

摘 要 该区泥盆纪地层仅发育中泥盆世晚期云台观组, 晚泥盆世早期黄家磴组和晚期写经寺组。在岩石地层、生物地层和沉积特征总结的基础上, 根据对准层序组的研究, 分别于云台观组近顶部、黄家磴组中部和近顶部、写经寺组中段的顶部识别出四个 II 型界面。据此, 将长江三峡地区泥盆纪地层划分为一个 I 型层序(SQ₁)和三个 II 型层序(SQ₂、SQ₃和 SQ₄), 其中 SQ₁、SQ₃、SQ₄ 由 TST 和 HST 组成, 海侵面与层序界面重合; SQ₂ 由 SST、TST 和 HST 组成。系统研究了各层序的发育特征和演化过程, 讨论了海平面的变化特点, 将海平面变化分为四个 T-R 旋回, 它们共同构成一个高级次的海平面升降旋回。

关键词 层序地层 海平面变化 泥盆纪 长江三峡地区

长江三峡地区是中扬子区泥盆纪地层发育比较好的地区, 自下而上划分为中泥盆统上部云台观组及上泥盆统黄家磴组和写经寺组。该区地层出露好, 化石丰富, 沉积类型多样, 研究程度高, 已经积累了丰富的岩石地层、生物地层、沉积学和岩相古地理学等资料^[1~4], 为在该区进行层序地层研究提供了良好的基础。通过长阳三串岭、赵姑垭、松滋锈水沟、宜都毛湖淌、秭归白马岭、长岭坪、建始秦家湾等剖面的系统研究, 探讨本区泥盆纪层序地层的发育特征、演变过程及海平面变化特征。

1 岩石地层、生物地层及沉积特征

长江三峡地区经历了中志留世—中泥盆世中期的长期隆起剥蚀, 至中泥盆世晚期海水由南到达本区, 开始沉积了一套高成熟度的滨海石英砂岩, 至晚泥盆世, 海水时进时退, 发育了厚度不大的碎屑岩、碳酸盐岩混合沉积及近滨含铁碎屑沉积岩层。

1.1 云台观组

该组是长江三峡地区泥盆系的最低层位。由灰、灰白色中厚层状、块状石英岩状细砂岩组成, 夹浅黄、灰色薄层状石英粉砂岩、粉砂质泥岩, 底部偶见石英质细砾岩透镜体, 上部夹红色中层状铁质石英细砂岩。发育冲洗层理、板状斜层理、平行层理、双向交错层理及浪成波痕; 上部产遗迹化石 *Skolithos* sp.; 普遍含三缝孢子组合, 在湘鄂边境的湖南澧县山门水库含植物 *Protolipidodendron scharyanum* - *Barrandeina dusliana* 组合。时代为中泥盆世晚期(吉维特期)。属前滨相夹近滨相沉积。

本组厚度在黄陵背斜西翼变化较小, 秭归、兴山一带为 40~50 m。在背斜东翼自南向北厚度则逐渐变薄, 在长阳、宜都一带厚 35~50 m, 在远安回马坡一带为 7 m。本组与下伏志留

1999 年 6 月 7 日收稿。

* 地质矿产部科技司前缘科技研究计划项目“长江三峡地区震旦纪—中生代多重地层划分及海平面升降事件研究”(9501127)和地调局科技专项“长江三峡地区地质遗迹保护研究”(地科专 97-5)联合资助。

纪纱帽组呈平行不整合接触,界面上偶见高岭石粘土岩。

1.2 黄家磴组

以灰、灰绿、深灰色中厚层状石英细砂岩为主,夹深灰、灰黑色薄层状石英粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩。在宜昌风洞河、长岭岗等地,中上部均见有鲕状赤铁矿,其横向变化较大,常沿走向变为铁质石英砂岩或铁质条带;在长阳赵姑垭一带,中下部粉砂质泥岩中含黄铁矿细粒或结核,顶部为紫红色中厚层状介壳鲕状赤铁矿层。细砂岩中发育冲洗层理、平行层理、板状斜层理和波痕,粉砂岩中发育水平层理和沙纹层理。含植物 *Leptophloeum rhombicum* - *Cyclostigma kiltorkense* - *Archaeopteris* 组合及腕足类 *Yunnanella* - *Yunnanellina* 组合和丰富的孢子、叶肢介、瓣鳃类、鱼类化石,遗迹化石 *Pusophycus* sp., *Planolites* sp., *Cochilichnus* sp.。时代属晚泥盆世早期—晚期早时(弗拉斯期—法门期早时)。为近滨相—浅陆棚相沉积。

本组全区均有分布,秭归新滩一带厚度为 38 m,在长阳一带厚 15~20 m,在宜昌长岭岗一带厚度最小,仅为 11 m。以薄层状泥岩、粉砂质泥岩的出现为其底界标志,以中厚层状介壳鲕状赤铁矿层的消失为顶界标志^[5]。与下伏云台观组呈整合接触。

1.3 写经寺组

据岩性组合可分为下、中、上三个岩性段,分别相当于冯少南、许寿永等厘定的写经寺组、创建的梯子口组和长阳组^[3]。下段底界以灰色薄层状钙质泥岩或灰泥灰岩的出现为标志^[5],其上为薄层状钙质泥岩夹灰泥灰岩薄层或透镜状,向西至建始一带发育厚层状介壳灰岩、瘤状灰岩、粉晶白云岩,发育水平层理和瘤状构造,偶见丘状层理,含腕足类及介形虫 *Mennerites* - *Knoxiella* 组合;地质时代为晚泥盆世晚期(法门期);属浅陆棚相沉积夹风暴沉积。中段为灰、灰绿色薄层状粉砂质泥岩、泥岩、石英细砂岩,夹鲕绿泥石鲕状赤铁矿层,向东至宜都、松滋等地则夹菱铁矿层或结核;普遍含胶磷矿砾屑;发育水平层理、沙纹层理及平行层理;含植物 *Hamatophyton verticillatum* - *Lepidodendropsis hirmeri* 组合,并且产丰富的孢子化石,在宜都一带产介形虫和苔藓虫化石,在长阳赵姑垭产腕足类化石;中段的地质时代存在晚泥盆世^[2]和早石炭世^[5]之争,本文暂将其归入晚泥盆世末期,作为长江三峡地区泥盆系的最高层位;属前三角洲相—三角洲前缘相沉积。上段岩性变化较大,在东部宜都、松滋大部分地区下部为浅灰色页片状粉砂质泥岩夹中薄层状石英细砂岩及煤线,上部为灰绿色页片状钙质泥岩、粉砂质泥岩夹灰泥灰岩透镜体;而在长阳赵姑垭则为红色、紫红色薄层状钙质泥岩夹薄层状灰泥灰岩及少量细晶白云岩,在建始秦家湾则为灰白色中厚层状白云质石英细砂岩夹粉晶白云岩;下部含牙形石 *Siphonodella levis* - *Polygnathus inornatus* 带及珊瑚、腕足、介形虫等,上部含腕足类及介形虫等;时代为石炭纪早期^[3];属混积浅陆棚相或河口湾相沉积。

北界大致在远安回马坡—秭归新滩、白马岭—巴东磨子场—巫山天鹅池一线。下段和中段在区内分布较广且稳定,且以峡东地区最发育;上段则保存较差,岩性变化也大。本组在长阳马颈杠一带厚度为 38 m,宜昌风洞河为 20 m,往北至回马坡、金竹园等地缺失,在东部松滋、宜都一带为 46 m,与上覆石炭纪金陵组为连续沉积,向西在长阳赵姑垭一带为 23 m,秭归长岭坪为 25.21 m,建始秦家湾为 64.66 m,与上覆石炭纪大埔组呈平行不整合接触。

2 层序地层及其发育特征

中泥盆世晚期(吉维特期),海水浸没本区,形成广阔的碎屑滨岸,从此开始了泥盆纪沉积

盆地的形成演化。通过对准层序组的系统调查,详细研究了准层序组之间的转化关系,分别在云台观组近顶部、黄家磴组中部、近顶部及写经寺组中段顶部共识别出四个Ⅱ型层序界面(SB₂),它们皆表现为地层之间的整合关系。据此,将长江三峡地区泥盆纪地层划分为一个Ⅰ型沉积层序(SQ₁)和三个Ⅱ型沉积层序(SQ₂, SQ₃和 SQ₄)(图1)。

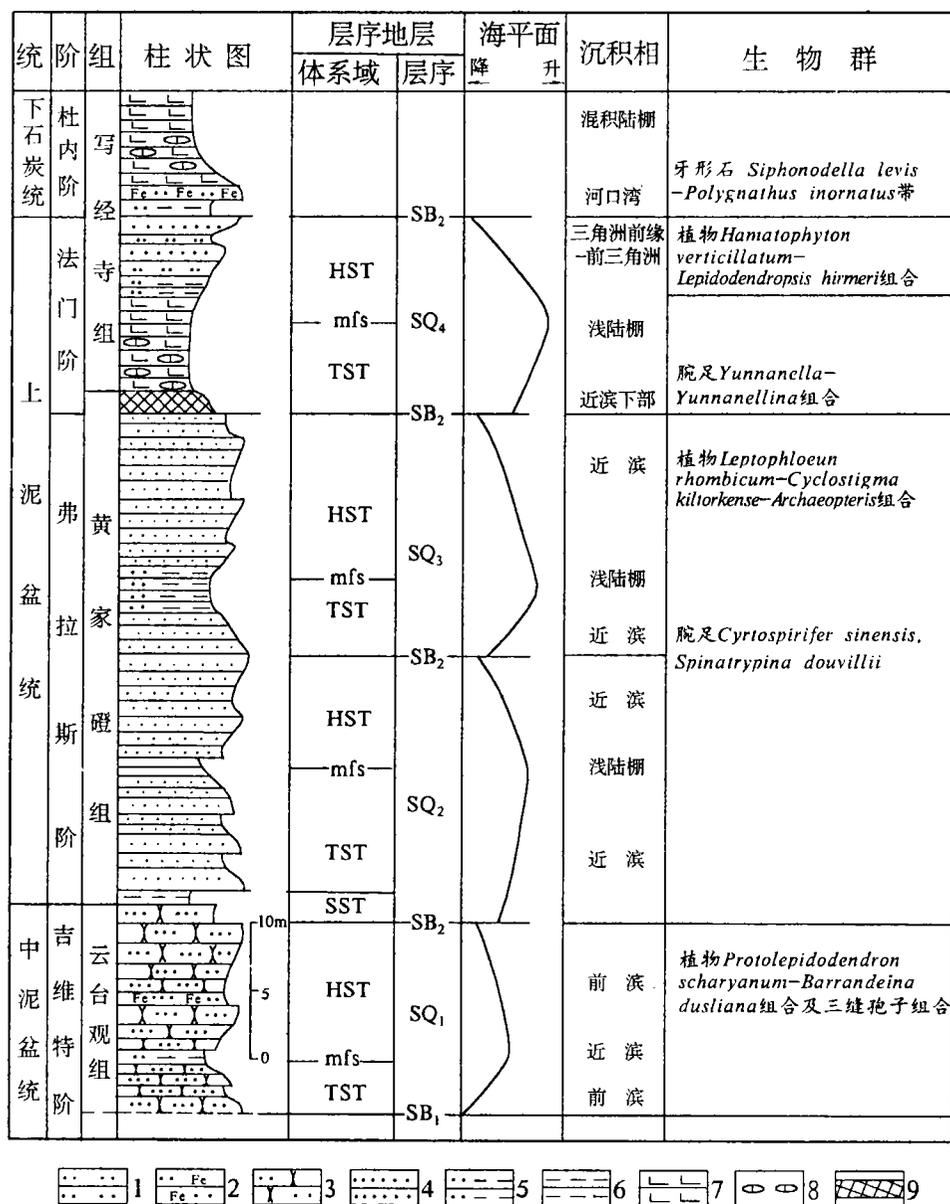


图1 长江三峡地区泥盆纪层序地层柱状图

Fig.1 Sequence column of the Devonian in the Yangtze Gorges area

1. 石英细砂岩 2. 铁质石英细砂岩 3. 石英岩状细砂岩 4. 石英粉砂岩 5. 粉砂质泥岩 6. 泥岩
7. 钙质泥岩 8. 灰泥灰岩透镜体 9. 鲕状赤铁矿层

SQ₁ 位于云台观组中下部,相当于刘文均等的第13层序^[7]、吴谔等的SB₁₄^[8],由海侵体系域(TST)和高水位体系(HST)组成。层序界面、海侵面(TS)与岩石地层底界重合,为区域性平行不整合面,属I型界面(SB₁);TST由灰白色厚层块状石英岩状细砂岩夹中薄层状石英粉砂岩组成的退积型准层序组构成,其上部的薄层状粉砂质泥岩为最大海泛面(mfs)时期的沉积;HST由中、厚层状石英岩状细砂岩组成,构成向上变粗变厚的加积-弱进积型准层序组。

SQ₂ 层序底界位于云台观组顶面之下0.5~2.5 m处,是区内泥盆纪地层中发育最完整的层序,由陆棚边缘体系域(SST)、TST和HST组成。界面平直,其上下无沉积间断,表现为岩性由中厚层状石英细砂岩变为薄层状粉砂质泥岩,属SB₂;SST位于云台观组顶部,厚0.5~2.5 m,局部地区缺失,由深色薄中层状粉砂质泥岩、石英细砂岩组成的弱进积型准层序构成,其中含大量细粒黄铁矿,表明当时沉积环境较为闭塞;TS位于黄家磴组底界,为一波状起伏的冲刷面,其上部0.3~0.5 m厚的粉砂质泥岩中含丰富的 *Lingula* sp. 和叶肢介及双壳类化石,形成海侵生物富集层;TST位于黄家磴组下部,由灰、深灰色厚层、中层、薄层状石英细砂岩夹薄层状石英粉砂岩组成,具有向上变薄变细的退积型准层序特征;HST位于黄家磴组中下部,由灰、深灰色中厚层状石英细砂岩夹石英粉砂岩组成,具加积-进积型准层序特征,在TST与HST之间发育了厚度不大的灰绿色纹层状粉砂质泥岩,其中发育细小的水平虫迹并含黄铁矿结核或细粒,代表mfs时期的沉积。

SQ₃ 位于黄家磴组上部,由TST和HST组成。黑色厚层状铁质石英细砂岩的底面为层序界面,属SB₂。界面有弱冲刷,呈微波状起伏,TS与层序界面重合;TST由黑色厚层状铁质石英细砂岩、薄中层状石英细砂岩、深灰色薄层状石英粉砂岩组成,其上部的深灰色薄层状粉砂质泥岩为mfs时期的沉积;HST由浅灰、深灰色厚-中层状夹薄层状石英细砂岩组成,具有向上变厚变粗的加积-进积型准层序特征。

SQ₄ 包含黄家磴组顶部介壳鲕状赤铁矿层及写经寺组下段和中段,相当于王训练等的SQ₀^[9],由TST和HST组成。层序界面与TS重合,与法门阶和弗拉斯阶的界线一致,它位于黄家磴组顶部介壳鲕状赤铁矿层之底,为一岩性突变面,呈微波状起伏,属SB₂,其上的鲕状赤铁矿层中产丰富的腕足类化石;TST由介壳鲕状赤铁矿层和薄层状钙质泥岩夹灰泥灰岩或瘤状灰岩组成,钙质泥岩上部或瘤状灰岩为mfs时期的沉积;HST由深灰色薄层状钙质泥岩、粉砂质泥岩、薄中层状石英细砂岩组成,具强进积型准层序特征。粉砂质泥岩中含炭化植物碎片,胶磷矿砾屑、鲕绿泥石、菱铁矿结核,表明经历过淡水混合作用,代表一次显著的海退事件,与泥盆-石炭纪之交的全球海退事件一致,也说明将泥盆纪与石炭纪的界线置于写经寺中段的顶部是合适的。

3 海平面变化

据沉积相和层序地层的研究,将长江三峡地区泥盆纪海平面变化划分为以下四个T-R旋回。

第一旋回对应于SQ₁。来自华南的海水于中泥盆世晚期到达本区,形成了广阔的陆缘海盆地。在中志留世纱帽组之顶平行不整合面上直接沉积了一套前滨相高成熟度的石英细砂岩,组成强退积型-加积-弱退积型准层序组,表明本次海平面升降具有快速海侵-持续稳定

的海平面—不显著的海平面下降的特征。

第二旋回对应于 SQ_2 。SST 的存在,表明前一次海退的末期到第二次海侵开始之间,海平面的下降速率低于沉积滨线坡折处盆地的沉降速率,沉积了一套厚度不大的细碎屑岩和泥岩,其顶部含丰富的底栖生物化石,标志着第二次海侵的开始,并使 SST 顶面受到冲刷,同时沉积环境由前滨带迅速演变为近滨带。随着海水的不断加深,在最大海泛面期形成了浅陆棚环境,之后,开始的海退则使沉积环境迅速过渡为近滨带。由此可见,本次 T-R 旋回从具有相对稳定的海平面到快速海侵演变为快速海退的特点。

第三旋回对应于 SQ_3 。它是第二次海平面下降过程中,沉积环境演变为近滨带上部之时发生的海侵,并伴有明显的海底冲刷。本次海侵使沉积环境由近滨带下部快速过渡为浅陆棚环境,形成强退积型准层序组。随之而来的海退又使沉积环境恢复为近滨带,形成加积—进积型准层序组。上述特征表明本次 T-R 旋回的特点与前一旋回相似,表现为快速海侵到快速海退的过程。

第四旋回对应于 SQ_4 。经历前三次海平面的升降变化,沉积盆地水体明显加深,陆源物质供给贫乏。本次海侵形成三峡地区泥盆纪地层中重要的鲕状赤铁矿层及腕足 *Yunnanella* sp. 和 *Yunnanellina* sp. 的极度繁盛。薄层状钙质泥岩、灰泥灰岩及瘤状灰岩的出现,代表海平面的快速上升过程,三角洲前缘相的发育表明最大海泛面之后发生了快速的海平面下降。

以上事实表明,长江三峡地区泥盆纪海侵是通过多次海平面的升降旋回来实现的,第一次海侵发生于中泥盆世晚期,它使本区成为一个广阔的陆缘海盆地,第二次海侵到第四次海侵分别是在前一海侵的基础上发生的规模更大的海侵,它们共同构成一个更高级次的海侵过程,具累进式海侵的特点。第四次海侵为本区最大规模的海侵,之后发生了大规模的快速海退,从而结束了本区陆缘碎屑盆地的演化历史。

4 结 论

(1)长江三峡地区泥盆纪可划为一个 I 型层序和三个 II 型层序, SQ_1 、 SQ_3 和 SQ_4 均由 TST 和 HST 组成,海侵面与层序界面重合; SQ_2 由 SST、TST 和 HST 组成。

(2) SQ_2 的海侵面与黄家磴组和云台观组及吉维特阶与弗拉斯阶的界线重合, SQ_4 的海侵面、层序界面与弗拉斯阶和法门阶界线一致。

(3)在海侵初期均伴有不同程度的海底冲刷,并且在 SQ_2 和 SQ_4 的海侵面之上含丰富的多门类底栖生物化石。最大海泛面时期的沉积物(除 SQ_1 外)均由浅陆棚相薄层状粉砂质泥岩或钙质泥岩或瘤状灰岩组成。

(4)长江三峡地区泥盆纪海侵是通过四个 T-R 旋回来实现的。中泥盆世晚期(吉维特期)发生的第一次海侵结束了本区陆上风化剥蚀的历史,并形成广阔的陆缘海盆地,之后,发生的海侵都是在前一次海侵的基础上规模更大的海侵。第一旋回至第四旋回构成一个更高级次的海平面升降旋回。法门初期发生的海侵(第四旋回)为本区规模最大的海侵,之后发生的快速海平面下降结束了本区陆缘海盆地的演化历史,它与泥盆—石炭纪之交的全球性大海退一致。由此可见,将泥盆纪与石炭纪的界线置于写经寺组中段的顶部是合适的。T-R 旋回具有快速海侵—慢速海退和快速海侵—快速海退两种类型。

本文引用了 1:5 万绿葱坡幅、云台荒幅、龙潭坪幅和长梁子幅区域地质报告中的部分剖面

资料,在工作和成文过程中得到了宜昌地质矿产研究所徐安武研究员的热心指导,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 江涛. 鄂西松滋、宜都早石炭世地层. 地质论评, 1965, 23(3): 163—171
- [2] 冯少南. 湘鄂边境地区泥盆系与石炭系的分界. 地层学杂志, 1984, 8(1): 74—77
- [3] 冯少南、许寿永、林甲兴等. 晚古生代分册. 见: 宜昌地质矿产研究所. 长江三峡地区生物地层学(3). 北京: 地质出版社, 1984. 1—62
- [4] 徐安武、胡宁、曾波夫. 中扬子泥盆纪岩相古地理及有关矿产. 岩相古地理文集, 第七辑. 北京: 地质出版社, 1991. 135—149
- [5] 湖北省地质矿产局编著. 湖北省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 143—148
- [6] 许寿永、杨德丽. 中南地区石炭纪生物地层. 见: 贵州省地质矿产局、贵州省地质学会古生物专业委员会编. 全国石炭纪会议论文集. 北京: 地质出版社, 1987. 21—46
- [7] 刘文均、陈源仁、郑荣才等. 龙门山地区泥盆纪层序地层划分、对比和海平面相对变化. 层序地层. 成都: 成都科技大学出版社, 1996. 1—11
- [8] 吴诒、龚一鸣、杜远生著. 华南泥盆纪层序地层及海平面变化. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 26—73
- [9] 王训练、李世隆、王均. 华南上泥盆统和下石炭统层序地层学. 地球学报, 1997, 18(1): 98—105

DEVONIAN SEQUENCE STRATIGRAPHY AND SEA LEVEL CHANGES IN THE YANGTZE GORGES AREA

Duan Qifa Zhang Renjie

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003)

Abstract

There are only Yuntaiguan formation of the late stage (Givetian Stage) of Middle Devonian, Huangjiadeng formation of the early stage (Frasnian Stage) and Xiejingsi Formation of the late stage (Famennian Stage) of the Late Devonian to the Tournaisian Stage of the Early Carboniferous in the Yangtze Gorges area. Based on the overall summaries of the lithostratigraphy, sedimentary features and biostratigraphy, by means of the integrated analysis of the Parasequence beds, four type-II sequence Boundaries (SB_2) are distinguished in near top of the Yuntaiguan Formation, the middle and the near top of the Huangjiadeng Formation, and the top of the middle section of the Xiejingsi Formation. So the Devonian Stratum in this area is subdivided into four third-order sequences, i. e., one type-I depositional sequence (SQ_1), and three type-II ones (SQ_2 , SQ_3 and SQ_4). The transgressive surfaces (TS) of the SQ_1 , SQ_3 and SQ_4 are consistent with their sequence boundaries (SB). And the SB of the SQ_1 , which is the interface between Yuntaiguan

Formation and the shamao Formation and is a regional parallel unconformity type and is resulted from tectonization, is type - I sequence boundary (SB_1). And the four SB of others are conformity types and are type - II sequence boundary (SB_2), SQ_1 , SQ_3 and SQ_4 are composed of the transgressive system tracts (TST) and Highstand system tracts (HST), and the TS of the SQ_4 is consistent with the chronostratigraphic boundary between the Frasnian and the Famennian. The SQ_2 is composed of the shelf margin system tracts (SST), TST and HST, its TS is identical with the lithostratigraphic boundary between the Yuntaiguan and the Huangjiadeng Formation, and the chronostratigraphic boundary between the Givetian and the Frasnian. Authors systematically studied structural pattern and characteristics of the depositional sequences and development. In addition, this paper discussed the sea-level changes, which are divided into four transgression - regression (T - R) cycles. Altogether, they form one higher-grade cycle, And the scale of regression is the largest in the fourth T - R cycle, and it coincides with the event of the eustatic fall of sea level between the Devonian and the Carboniferous. And there are two structures of the T - R cycle which are fast transgression to slow regression and fast transgression to fast regression.

Key words sequence stratigraphy sea-level changes Devonian Yangtze Gorges area