

文章编号: 1000-0550(2006) 02-0175-10

湘西王村剖面寒武系花桥组浊积岩特征 及其大地构造意义

左景勋^{1,2} 彭善池² 周传明² 燕长海¹ 刘国印¹

(1 河南省地质调查院 郑州 450007; 2 中国科学院南京地质古生物研究所 南京 210008)

摘要 湘西王村地区的寒武系代表江南斜坡相沉积序列,传统的下寒武统划分为杷榔组、清虚洞组;中寒武统划分为敖溪组、花桥组(下部);上寒武统划分为花桥组(上部)、追屯组。其中,花桥组中浊流沉积发育,可识别出 7 次规模较大的浊流活动期,第一期浊积岩包括 69 个浊积序列,分别归属于 11 个副层序;第二期浊积岩包括 37 个浊积序列,分别归属于 7 个副层序。每个副层序的下部表现为近源浊积岩,上部表现为远源浊积岩,所代表的海水深度变化由浅变深。第一期浊流活动发生在海平面上升时期,形成三级层序的海侵体系域;第二期浊流活动发生在海平面较低、斜坡较陡时期,形成三级层序的低水位体系域。江南斜坡带中—上寒武世浊积岩频繁出现反映台地边缘深大断裂周期性活动强,断裂两盘升降差异运动显著。

关键词 中寒武统 浊流沉积 江南斜坡带 王村剖面 台地边缘大断裂

第一作者简介 左景勋 男 1963 年出生 博士后 教授级高级工程师 沉积学、地层学

中图分类号 P512.1 **文献标识码** A

浊流沉积通常发生于地势差异较大的古地理单元转换带,如坡度较陡的近岸湖泊带^[1,2]、台地向盆地过渡的斜坡带^[3-7]、海底峡谷或海底水道^[8,9]等地。寒武纪时,华南地区的岩相古地理格局受台地边缘文山—江阴深大断裂控制^[4],断裂北侧为碳酸盐台地,南侧沿断裂带形成宽度为 10~28 km 左右、北东—南西向延伸近 2 000 km 的江南斜坡带,其外侧渐变为江南深水盆地。沿江南斜坡带广泛发育各种类型的碳酸盐重力流沉积如崩塌块体流、碳酸盐岩碎屑流和浊流沉积^[10]。本文以华南地区寒武系内“阶”一级国际层型剖面点和点(GSSP)的候选剖面—湘西王村(南)剖面为例,详细地研究球接子三叶虫 *Lejopyge laevigata* 带内及其相邻地层的浊积序列特征,以及浊流沉积与海平面变化、台地边缘深大断裂带活动之间的关系。

1 区域地质背景

湘西王村剖面位于江南斜坡带上(图 1),传统的王村剖面是指西水北岸罗依溪大桥至王村特大桥之间公路边的寒武系地层,本剖面包括敖溪组和花桥组(传统中寒武统上部和上寒武统下中部),彭善池等^[11]将

花桥组划分为 9 个球接子三叶虫带;傅启龙等^[12]初步研究了本剖面的沉积特征。本文研究的剖面在西水南岸(简称王村南剖面)猛洞河铁路车站至古丈县河西镇新开凿的公路边,与老剖面之间隔一水库,二者可以完全对比。本剖面寒武系出露完整,自下而上包括杷榔组、清虚洞组、敖溪组、花桥组和追屯组。

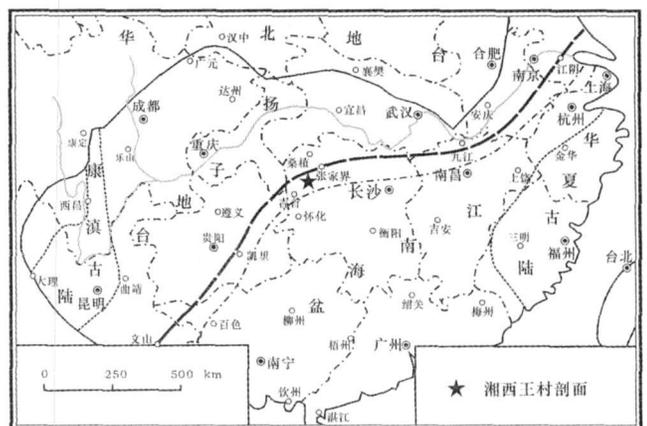


图 1 华南地区寒武纪岩相古地理简图及王村剖面位置图
Fig 1 Schematic map of palaeogeography and the location of the Cambrian Wangcun section, south China

国家自然科学基金重点项目(批准号: 40332018),国家重点研究发展规划项目(G200077700),中国科学院方向性研究项目(K2CX2-SW 2129)资助。

收稿日期: 2005-04-20 收修修改稿日期: 2005-09-28

黔东地区寒武系杷榔组主要为黑色炭质泥岩、含炭硅质岩；底部硅质岩中含泥晶灰岩透镜体，中部炭质泥岩夹薄层状细粒石英砂岩、中层状泥晶灰岩，顶部为灰色中层状泥晶灰岩。炭质、硅质岩中水平层理发育，含黄铁矿结核，砂岩中板状交错层理发育。清虚洞组下部为灰色薄层状微晶白云岩，上部为厚—中层状白云岩及少量泥质白云岩。中寒武统敖溪组下部为灰色中层状泥晶白云岩，夹灰绿色钙质页岩，由下向上钙质页岩逐渐变少，白云岩逐渐增多且单层厚度逐渐增大；中部为灰色厚层状微晶白云岩，夹薄层状微晶白云岩，砂屑白云岩，纹理发育；上部为灰黑色泥质白云岩夹钙质泥岩。花桥组跨越中寒武统和芙蓉统，可划分为两个大的岩性段，下段为灰黑色中层状泥灰岩夹薄层状、条带状泥晶灰岩，泥晶灰岩透镜体发育、层内含有较多的黄铁矿结核，局部夹硅质薄层或条带，主要表现为浊流沉积组合；上部为灰黑色中层状、块状泥灰岩、泥晶灰岩夹条带状灰岩，少量

钙质页岩、砾屑灰岩；本组顶部为灰绿色薄层状泥灰岩、钙质页岩。芙蓉统追屯组为浅灰色厚层状、块状细晶白云岩。

2 中寒武世浊积岩分布特征

王村南剖面的浊积岩主要分布在中寒武统，以花桥组最为典型，可见 7 个浊积层段(图 2 ~)，即出现 7 次大规模浊流活动期，以第一、第二期(、)浊流沉积物最厚，分布于花桥组下部，其它 5 个层段(~)分布于花桥组中部，沉积厚度较小。每次大规模浊流活动期由若干次小规模浊流活动组合而成，形成不同规模的浊流沉积序列(图 4)。本文只讨论花桥组下部 2 次规模较大的浊积序列。

Bouma^[13]对浊流沉积进行了详细研究，认为一个完整的浊流沉积序列由下向上由 A、R C、D、E 5 种岩相构成，即鲍玛序列。一般地，浊积序列中的 A 层为粒序递变层，B 层为下部平行纹层段，C 层为波浪

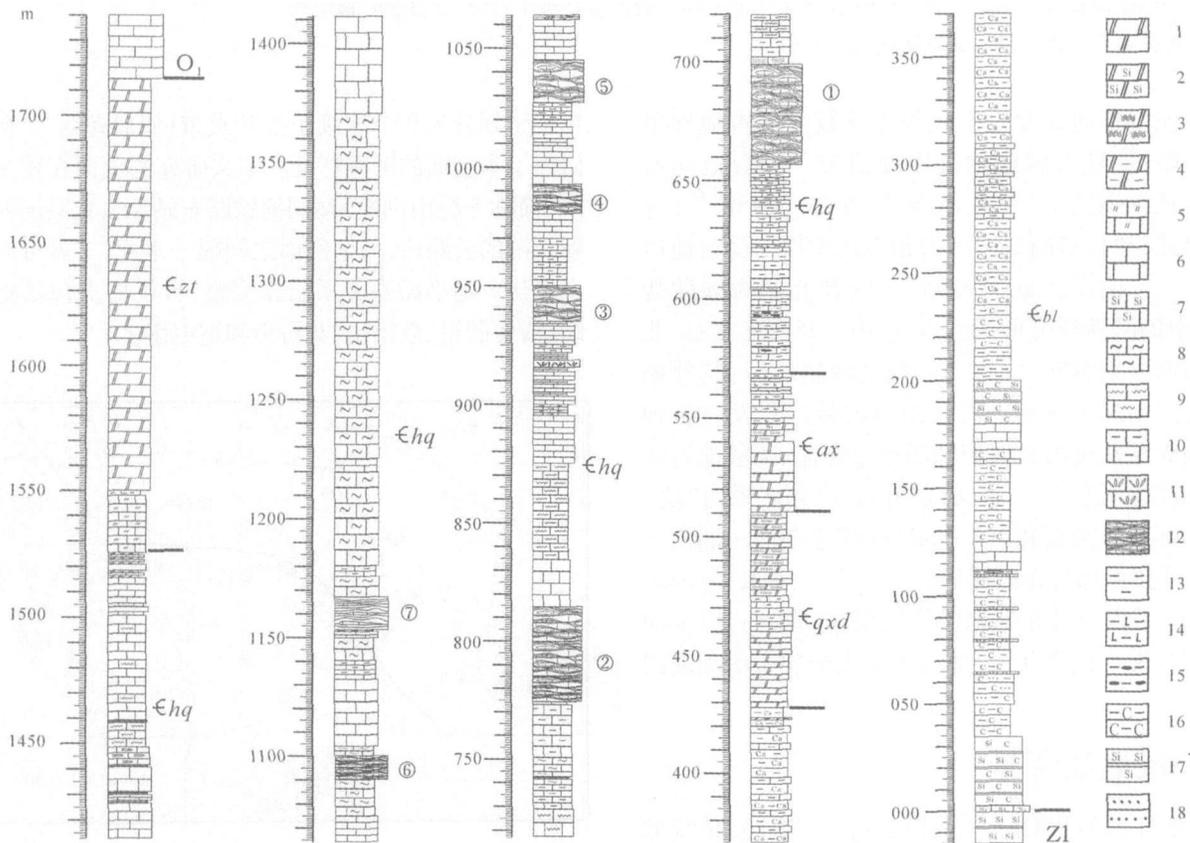


图 2 湘西王村剖面寒武系地层划分及浊积岩分布层位

1. 白云岩；2 硅质白云岩；3 纹层状白云岩；4. 泥质白云岩；5 白云质灰岩；6. 灰岩；7 硅质灰岩；8 条带状灰岩；9 纹层状灰岩；10 泥质灰岩；11. 碎屑灰岩；12 浊积灰岩；13. 泥岩；14 钙质泥岩；15. 含燧石结核泥岩；16 炭质泥岩；17 硅质岩；18. 石英砂岩；O₁ 奥陶系；ε zL 寒武系追屯组；ε hq 花桥组；ε ax 敖溪组；ε qxd 清虚洞组；ε bl 寒武系杷榔组；ZL 震旦系留茶坡； 浊积层位及编号；

Fig 2 Turbidity sediments in the Cambrian System at Wangcun section, west Hunan Province, south China

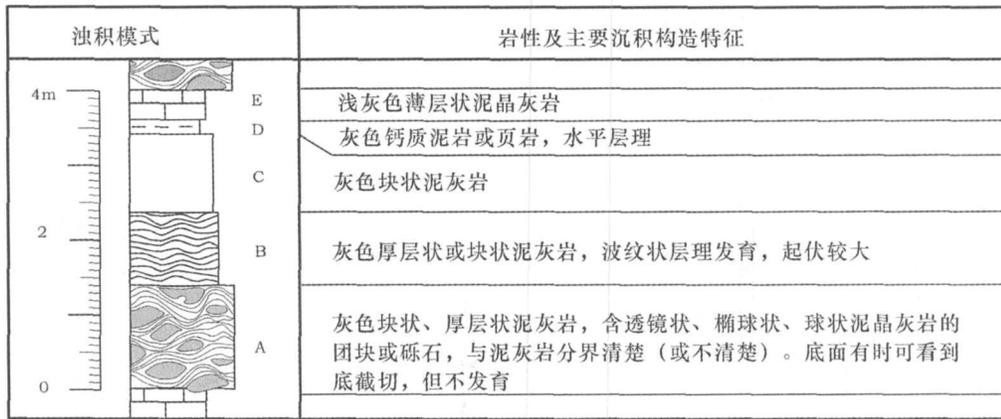


图 3 湘西王村剖面浊积岩模式

Fig. 3 Model of turbidity sediments at the Wangcun section in the west Hunan Province

纹层或变形纹层, D层为上部平行纹层, E层为泥岩层^[14]。王村南剖面的浊积岩表现为近源或远源^[12]浊积岩。野外露头上见不到完整的鲍玛序列, 但仍可归纳出完整的浊积序列模式, 单个浊积序列由下向上由 A、B、C、D、E 层段构成, 与鲍玛序列相比各层岩性略有差异(图 3)。

3 浊积层序特征

3.1 中寒武世第一期浊积序列沉积特征

王村(南)剖面第一期浊积岩序列可识别出 69 个浊积旋回 $C_{1-1} \sim C_{68}$ (表 1), 分别归属于 11 个副层序 S_{1-11} (图 4)。每个副层序(S_{11} 除外)下部以近源浊积岩为主, 上部以远源浊积岩为主, 反映浊流活动能量由大变小、海水深度由浅变深。各浊积副层序特征如下:

S_{11} : 分布在王村剖面第一期浊积序列上部。底部由浊积旋回 $C_{1-66} \sim C_{68}$ 构成。这 3 个浊积旋回分别由 C 层和 E 层组成, 为远源浊积岩。 S_{11} 下部为灰黑色泥灰岩, 水平层理发育; 中部为灰黑色块状泥晶灰岩, 有时见到灰色薄层状(厚度小于 2 cm)泥晶灰岩夹层, 含球接子三叶虫化石; S_{11} 上部为灰黑色块状泥质条带灰岩。该副层序不含泥晶灰岩透镜体, 代表深水平静环境的沉积物。

S_{10} : 由 C_{1-62} 、 C_{1-63} 、 C_{1-64} 、 C_{1-65} 4 个浊积旋回构成, 其中 C_{1-62} 、 C_{1-63} 为近源浊积旋回, 其下部为块状泥灰岩, 含较多泥晶灰岩团块、透镜体、椭球体, 泥晶灰岩与泥灰岩分界不显著。 C_{1-62} 上部为泥灰岩, 含有较多条带状或扁豆状的泥晶灰岩。 C_{1-63} 上部出现薄层状泥晶灰岩, 局部夹纹层状泥灰岩。 C_{1-64} 、 C_{1-65} 为远源浊积岩, 下部由块状泥灰岩构成, 上部由薄层泥晶灰岩构成; C_{1-65} 上部为泥晶灰岩夹纹层状泥灰岩。

S_9 : 由浊积旋回 C_{1-60} 、 C_{1-61} 构成, 其中 C_{1-60} 为近源浊积岩, 其下部为灰色块状泥灰岩, 含大量泥晶灰岩透镜体、或椭球体。中部为纹层状泥灰岩, 纹理呈波浪状起伏, 上部为灰色薄层状泥晶灰岩夹泥灰岩, 具水平纹层。 C_{1-61} 为远源浊积岩, 下部为灰色块状泥灰岩, 上部为灰色薄层状泥晶灰岩夹泥灰岩。

S_8 : 由浊积旋回 C_{1-57} 、 C_{1-58} 、 C_{1-59} 构成, 均表现为近源浊积岩, 其下部由块状泥灰岩构成, 含大量泥晶灰岩团块或透镜体。上部为块状、厚层状泥灰岩; 而 C_{1-59} 上部为薄层状泥晶灰岩。据这 3 个浊积旋回来看, 由下向上浊积序列中的 A 层厚度逐渐减小, C 层厚度逐渐增大, 最上面的一个浊积韵律出现 E 层。反映沉积物逐渐远离物源区。

S_7 : 由 C_{1-48} 、 C_{1-49} 、 C_{1-50} 、 C_{1-51} 、 C_{1-52} 、 C_{1-53} 、 C_{1-54} 、 C_{1-55} 、 C_{1-56} 9 个浊积旋回构成。 C_{1-48} 、 C_{1-49} 、 C_{1-50} 为近源浊积序列, 其余为远源浊积岩。近源浊积旋回由 A、E 层组成, A 层为块状泥灰岩, 含有大量泥晶灰岩透镜体、或椭球体, 与围岩呈渐变过渡关系。E 层为灰色薄层状泥晶灰岩。单层厚度均在 10 cm 以下。 C_{1-51} 、 C_{1-52} 、 C_{1-53} 、 C_{1-54} 浊积旋回的厚度在 30 cm 左右。由 B、E 层构成, B 层为灰色纹层状泥灰岩, E 层为灰色薄层状泥晶灰岩。 C_{1-55} 下部为灰色纹层状泥灰岩(B 层), 上部为泥晶灰岩夹泥灰岩(E 层); C_{1-56} 下部为灰色厚层状泥灰岩, 上部为灰色薄层状泥晶灰岩。

S_6 : 由 C_{1-38} 、 C_{1-39} 、 C_{1-40} 、 C_{1-41} 、 C_{1-42} 、 C_{1-43} 、 C_{1-44} 、 C_{1-45} 、 C_{1-46} 、 C_{1-47} 10 个浊积旋回构成。其中 C_{1-40} 、 C_{1-41} 、 C_{1-43} 由 A 层和 E 层构成, A 层为灰色块状、厚层状泥灰岩, 含大量泥晶灰岩透镜体; E 层为灰色薄层状泥晶灰岩。 C_{1-42} 、 C_{1-45} 、 C_{1-46} 由 A 层和 B 层构成, B 层为灰色纹层状泥灰岩。 C_{1-42} 由 A 层、D 层和 E 层构成,

D层为纹层状泥灰岩, E层为灰色薄层状泥晶灰岩。
C₁₋₃₉由 D层和 E层构成。C₁₋₄₄由 B层和 E层构成,
C₁₋₄₇由 A、E构成,而 E层的下部为灰色泥灰岩,发育

较多透镜状、长条状泥晶灰岩。总体上看,副层序 S₆
下部主要为近源浊积岩,上部为远源浊积岩。反映海
水深度由下向上由浅变深。

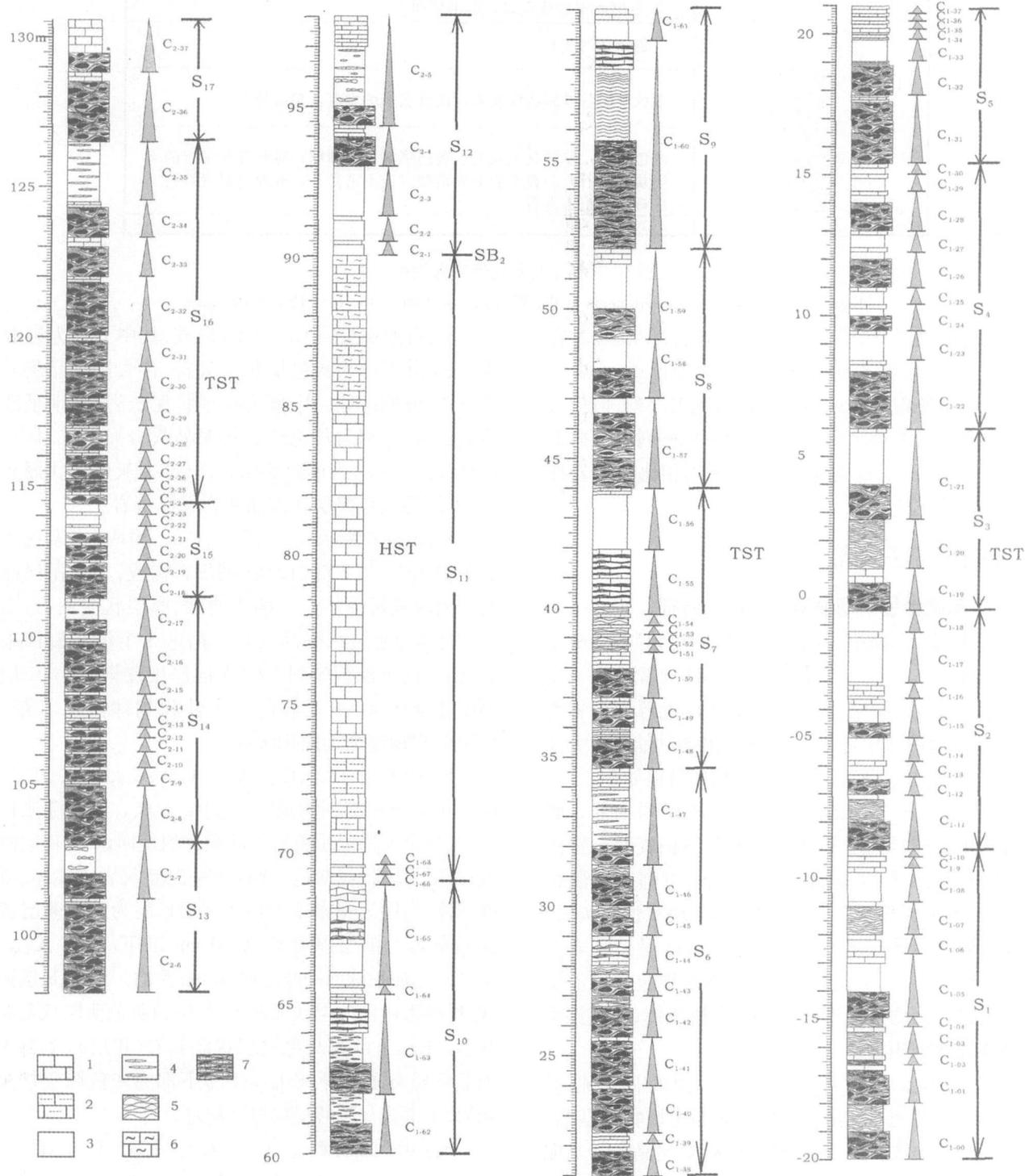


图 4 湘西中寒武统花桥组下部重力流沉积特征

1. 泥晶灰岩; 2 泥质纹层灰岩; 3 块状泥灰岩; 4. 含泥晶灰岩条带的泥灰岩; 5. 波状纹层灰岩; 6. 条带状灰岩; 7. 泥灰岩 (含泥晶灰岩透镜体或砾); HST. 高水位体系域; TST. 海侵体系域; SB₂. “2”型层序界面; S₂. 副层序编号; C₁₋₃₀. 第一期浊积韵律编号; C₂₋₄. 第二期浊积韵律编号; A. 砾岩或透镜体密集层段; B 具波状纹层的泥灰岩; C. 块状泥灰岩; D. 具水平纹层的泥灰岩; E. 泥晶灰岩薄层

Fig 4 Characteristics of turbiditic sediments in the Huaqiao Fm. of the Middle Cambrian Series in Wangcun section, west Hunan Province

表 1 湘西王村剖面中寒武第一期浊流沉积序列分层厚度

Table 1 Thickness of each sublayer of the first turbidity succession at the Wangcun section, west Hunan Province

序列	A层	B层	C层	D层	E层	总厚	性质	序列	A层	B层	C层	D层	E层	总厚	性质
C ₁₋₆₈			0.40			0.40	中源	C ₁₋₃₄			0.10		0.20	0.30	中源
C ₁₋₆₇			0.20		0.10	0.30	中源	C ₁₋₃₃		0.80			0.10	0.90	中源
C ₁₋₆₆			0.20		0.10	0.30	中源	C ₁₋₃₂	1.00				0.30	1.30	近源
C ₁₋₆₅			1.40	1.00	1.00	3.40	中源	C ₁₋₃₁	2.20				0.30	2.50	近源
C ₁₋₆₄			0.20		0.10	0.30	中源	C ₁₋₃₀			0.20		0.15	0.35	中源
C ₁₋₆₃	1.00			2.00	0.30	3.30	近源	C ₁₋₂₉			0.50	0.10		0.60	中源
C ₁₋₆₂	1.00			1.00		2.00	远源	C ₁₋₂₈	1.00		0.30		0.15	1.45	近源
C ₁₋₆₁			0.60		0.40	1.00	中源	C ₁₋₂₇			0.40		0.25	0.65	中源
C ₁₋₆₀	3.60	2.40			1.00	7.00	近源	C ₁₋₂₆	1.00		0.25		0.15	1.40	近源
C ₁₋₅₉	1.00		1.50		0.50	3.00	近源	C ₁₋₂₅			0.50		0.10	0.60	中源
C ₁₋₅₈	1.00		1.00			2.00	近源	C ₁₋₂₄	0.50		0.25		0.15	0.90	近源
C ₁₋₅₇	2.50		0.50			3.00	近源	C ₁₋₂₃			0.90		0.15	1.05	中源
C ₁₋₅₆			1.80		0.20	2.00	中源	C ₁₋₂₂	2.00		0.25		0.15	2.40	近源
C ₁₋₅₅		0.30			1.90	2.20	中源	C ₁₋₂₁	1.30		1.80		0.10	3.20	近源
C ₁₋₅₄		0.30			0.10	0.40	中源	C ₁₋₂₀		1.80				1.80	中源
C ₁₋₅₃		0.20			0.10	0.30	中源	C ₁₋₁₉	1.00				0.50	1.50	近源
C ₁₋₅₂		0.20			0.10	0.30	中源	C ₁₋₁₈		0.70				0.70	中源
C ₁₋₅₁		0.20			0.10	0.30	中源	C ₁₋₁₇		1.50		0.20		1.70	中源
C ₁₋₅₀	0.90				0.60	1.50	近源	C ₁₋₁₆				0.10	0.50	0.60	远源
C ₁₋₄₉	0.60				0.40	1.00	近源	C ₁₋₁₅	0.50		0.50		0.40	1.40	近源
C ₁₋₄₈	1.00				0.40	1.40	近源	C ₁₋₁₄			0.80			0.80	中源
C ₁₋₄₇	0.60			2.00	0.60	3.20	近源	C ₁₋₁₃			0.50		0.20	0.70	中源
C ₁₋₄₆	1.00	0.40				1.40	近源	C ₁₋₁₂	0.50			0.15		0.65	近源
C ₁₋₄₅	0.60	0.40				1.00	近源	C ₁₋₁₁	1.00	0.80	0.20			2.00	近源
C ₁₋₄₄		0.30			1.00	1.30	中源	C ₁₋₁₀			0.20			0.20	中源
C ₁₋₄₃	0.60				0.10	0.70	近源	C ₁₋₀₉				0.20	0.15	0.35	远源
C ₁₋₄₂	1.00	0.40				1.40	近源	C ₁₋₀₈			0.80			0.80	中源
C ₁₋₄₁	1.50				0.10	1.60	近源	C ₁₋₀₇		1.00		0.20		1.20	中源
C ₁₋₄₀	1.50				0.10	1.60	近源	C ₁₋₀₆			0.40	0.10		0.50	中源
C ₁₋₃₉			0.30		0.10	0.40	中源	C ₁₋₀₅	0.90		1.00		0.40	2.30	近源
C ₁₋₃₈	0.80		0.10		0.10	1.00	近源	C ₁₋₀₄		0.30				0.30	中源
C ₁₋₃₇				0.20	0.10	0.30	远源	C ₁₋₀₃		0.80			0.20	1.00	中源
C ₁₋₃₆				0.20	0.10	0.30	远源	C ₁₋₀₂				0.20	0.20	0.40	远源
C ₁₋₃₅				0.20	0.10	0.30	远源	C ₁₋₀₁	1.00	0.20			0.20	1.40	近源
								C ₁₋₀₀	1.00	1.00				2.00	近源

注: 厚度单位: m

S₅: 由 C_{1-31k}、C₁₋₃₂、C_{1-33k}、C₁₋₃₄、C₁₋₃₅、C₁₋₃₆、C₁₋₃₇ 7 个浊积旋回构成。其中 C_{1-31k}、C₁₋₃₂ 的沉积序列结构相同, 由 A 层、E 层构成。A 层为含透镜状泥晶灰岩的泥灰岩, E 层为灰色薄层状泥晶灰岩。C₁₋₃₃ 由 D 层和 E 层构成, 从 C₁₋₃₄ 开始到 C₁₋₃₇ 4 个浊积旋回为远源沉积, 单个旋回厚度一般 30cm 左右。副层序下部以近源沉积为主, 上部以远源沉积为主, 反映海平面呈上升趋势。

S₄: 由 C_{1-23k}、C₁₋₂₃、C_{1-24k}、C₁₋₂₅、C_{1-26k}、C₁₋₂₇、C_{1-28k}、C₁₋₂₉、C_{1-30k} 构成。其中 C_{1-22k}、C_{1-24k}、C_{1-26k}、C_{1-28k} 的沉积结构相同, 由 A 层、C 层、E 层构成。而 C_{1-23k}、C_{1-25k}、C_{1-27k}、

C₁₋₂₉、C_{1-30k} 的沉积结构相同, 均由 C 层、E 层构成。S₄ 表现为一个等频浊积副层序。每个浊积旋回的沉积结构相同或相似。反映此时的海平面稳定。

S₃: 由 C_{1-19k}、C_{1-20k}、C₁₋₂₁ 3 个浊积旋回构成, C₁₋₁₉ 下部为灰色厚层状泥灰岩, 含大量泥晶灰岩透镜体 (A 层), 上部为灰色薄层状泥晶灰岩 (E 层); C₁₋₂₀ 只有 B 层纹层状泥灰岩构成。C₁₋₂₁ 由含泥晶灰岩透镜体的泥灰岩 (A 层)、块状泥灰岩 (B 层)、灰色薄层状泥晶灰岩 (E 层) 构成。C_{1-19k}、C₁₋₂₁ 为近源浊积岩, 而 C₁₋₂₀ 为远源浊积岩。

S₂: 由 C_{1-11k}、C₁₋₁₂、C_{1-13k}、C₁₋₁₄、C₁₋₁₅、C_{1-16k}、C_{1-17k}、C₁₋₁₈

8个浊积旋回构成。其中 C₁₋₁₁、C₁₋₁₂、C₁₋₁₅为近源浊积岩,组合有 A + B + C; A + G; A + C + E; 其余为远源浊积岩,组合有 C + E、C、D + E、C + D等。近源浊积岩分布于 S₂下部,远源浊积岩分布于 S₂上部。表明海水由早到晚由浅变深。

S₁: 由 C₁₋₀₀、C₁₋₀₁、C₁₋₀₂、C₁₋₀₃、C₁₋₀₄、C₁₋₀₅、C₁₋₀₆、C₁₋₀₇、C₁₋₀₈、C₁₋₀₉、C₁₋₁₀ 11个浊积旋回构成。其中 C₁₋₀₀、C₁₋₀₁、C₁₋₀₅为近源浊积岩,组合有 A + B、A + B + E、A + C + E三种。C₁₋₀₂、C₁₋₀₃、C₁₋₀₄、C₁₋₀₇的组合表现为 B + E或 B, C₁₋₀₅、C₁₋₀₆、C₁₋₀₈、C₁₋₀₉、C₁₋₁₀的组合为 C + E、C两种。近源浊积岩分布于副层序的下部,远源浊积岩分布于副层序的上部。表示海水由浅变深。

3.2 中寒武世第二期浊积序列沉积特征

湘西王村(南)剖面中寒武统第二期浊积序列包括 6个副层序 S₁₂₋₁₇, 包含 37个浊积序列(表 2)。这些副层序的共同特点表现为下部由含砾状泥晶灰岩的泥灰岩组成,上部出现泥灰岩或泥晶灰岩,总体表现出的海水变化趋势为由浅到深。各副层序特征如下:

S₁₇: 由浊积旋回 C₂₋₃₆、C₂₋₃₇构成。这 2个浊积旋回的沉积结构相同,下部为灰色厚层状含大量泥晶灰岩砾岩的泥灰岩(A层),上部为灰色薄层状泥晶灰岩(E层)。

S₁₆: 由浊积旋回 C₂₋₂₄₋₃₅构成,其中 C₂₋₂₄₋₃₄的浊积

旋回结构相同,表现为 A + E组合, A层为灰色中、厚层状、块状的泥灰岩,含大量泥晶灰岩砾石; E层为灰色薄层状泥晶灰岩。浊积旋回的厚度由下向上由小变大,说明浊流能量较大,对下覆岩层的侵蚀能力强搬运性强。C₂₋₂₄₋₃₄均表现为近源浊积岩。韵律 C₂₋₃₅仅由 C层组成,为中源浊积岩。

S₁₅: 由浊积旋回 C₂₋₁₈₋₂₃构成,其中 C₂₋₁₈₋₂₀结构相同,表现为 A + E组合,为近源浊积岩。其中 A层为灰色中、厚层状、块状的泥灰岩,含大量泥晶灰岩透镜体或砾石; E层为灰色薄层状泥晶灰岩。C₂₋₂₁表现为 A + C + E组合,为近源浊积岩; C₂₋₂₂表现为 C + E组合, C₂₋₂₃只有 C层,均表现为中源浊积岩,其中 C层为灰色块状泥灰岩。

S₁₄: 由 C₂₋₈₋₁₇组成,除 C₂₋₁₇外均表现为 A + E沉积给合, A层为灰色块状、厚层状、中层状泥灰岩,含大量泥晶灰岩砾石,砾石呈球状、椭球状,具磨圆度。E层为灰色薄层状泥晶灰岩。C₂₋₁₇由 A + C + E组成,其中 C层状含有扁形泥晶灰岩块体。该副层序中 E层厚度较小, A层厚度大,且沉积序列中 A层密集出现。表明浊流活动频繁。水体深度变化不大。

S₁₃: 由 C₂₋₆、C₂₋₇构成。前者沉积结构表现为 A + E,后者则表现为 A + C, A层特征同 S₁₄, C层为灰色泥灰岩含少量泥晶灰岩扁型团块。

表 2 王村剖面中寒武统第二期浊积序列分层厚度

Table 2 Thickness of each sublayer of the second turbidity succession at the Wangcun section, west Hunan Province

序列	A层	B层	C层	D层	E层	总厚	性质	序列	A层	B层	C层	D层	E层	总厚	性质
C ₂₋₃₇	0.65				0.20	0.85	近源	C ₂₋₁₉	0.40				0.10	0.50	近源
C ₂₋₃₆	2.00				0.30	2.30	近源	C ₂₋₁₈	0.75				0.10	0.85	近源
C ₂₋₃₅			2.00			2.00	中源	C ₂₋₁₇	0.50		0.50		0.20	1.20	近源
C ₂₋₃₄	1.00				0.20	1.20	近源	C ₂₋₁₆	0.90			0.05	0.25	1.20	近源
C ₂₋₃₃	1.00				0.30	1.30	近源	C ₂₋₁₅	0.50				0.10	0.60	近源
C ₂₋₃₂	1.70				0.20	1.90	近源	C ₂₋₁₄	0.50				0.10	0.60	近源
C ₂₋₃₁	0.85				0.15	1.00	近源	C ₂₋₁₃	0.20				0.35	0.55	近源
C ₂₋₃₀	0.85				0.15	1.00	近源	C ₂₋₁₂	0.20				0.10	0.30	近源
C ₂₋₂₉	0.80				0.15	0.95	近源	C ₂₋₁₁	0.40				0.10	0.50	近源
C ₂₋₂₈	0.60				0.20	0.80	近源	C ₂₋₁₀	0.40				0.10	0.50	近源
C ₂₋₂₇	0.35				0.20	0.55	近源	C ₂₋₀₉	0.40				0.10	0.50	近源
C ₂₋₂₆	0.30				0.10	0.40	近源	C ₂₋₀₈	1.95				0.15	2.10	近源
C ₂₋₂₅	0.35				0.05	0.40	近源	C ₂₋₀₇	0.80		1.00			1.80	近源
C ₂₋₂₄	0.30				0.10	0.40	近源	C ₂₋₀₆	3.00				0.20	3.20	近源
C ₂₋₂₃			0.30			0.30	中源	C ₂₋₀₅	0.60		2.00		1.00	3.60	近源
C ₂₋₂₂			0.30		0.10	0.40	中源	C ₂₋₀₄	0.90				0.40	1.30	近源
C ₂₋₂₁	0.25		0.20		0.10	0.55	近源	C ₂₋₀₃			1.70			1.70	中源
C ₂₋₂₀	0.50				0.10	0.60	近源	C ₂₋₀₂			0.70	0.20		0.90	中源
								C ₂₋₀₁			0.35	0.15		0.50	中源

注:厚度单位: m

S₁₂: 由 C₂₋₁₋₅ 构成。其中 C₂₋₁₋₃ 表现为远源浊积岩, 表现为 C+D 或 C 组合, C 层为灰色块状、中层状泥灰岩; D 层为灰色薄层状泥灰岩, 具水平层理。韵律 C₂₋₄ 由 A 层、E 层组成。C₂₋₅ 由 A 层、C 层、和 E 层组成。

综上所述, 王村剖面两期浊流活动的强度明显不同, 在第一期浊积副层序中 A 层发育程度不同 (图 5)。浊积序列 C₁₋₀₀₋₁₈ 中 A 层间隔出现, C₁₋₁₉₋₃₂ 的顶、底 A 层厚度大, 中部 A 层厚度小, 表现出早期浊流活动的不稳定性, 呈忽强忽弱的变化趋势, 并呈短周期频繁活动。在第一期浊流活动晚期, 浊积旋回中 A 层呈相对聚集趋势, 浊流呈长周期阵发性活动 (图 5, C₁₋₃₃₋₆₈), 强度增大。第二期浊流活动形成的浊积序列中, 其 A 层相当发育, 几乎在所有的浊积序列中 A 层都出现 (图 6), 下伏岩层顶部遭受较强的侵蚀, 形

成截切面; 并且 A 层厚度由早期 中期 晚期呈大小 大的变化趋势, 表明中寒武世第二期浊流主要以碎屑流的形式出现, 其规模、能量远远大于第一期。第二期浊积序列中 D 层较为发育, 次之为 C 层, B 层不发育。

另外, 统计表明 (表 3): 第一期浊积序列中 A、B、C、D、E 各层总厚度之和 (\sum_{1-A} 、 \sum_{1-B} 、 \sum_{1-C} 、 \sum_{1-D} 、 \sum_{1-E}) 占序列总厚度 (\sum_1) 的百分比, 分别为 39%、15%、21%、9% 和 16%, 而第二期浊积序列中 A、B、C、D、E 各层厚度之和 (\sum_{2-A} 、 \sum_{2-B} 、 \sum_{2-C} 、 \sum_{2-D} 、 \sum_{2-E}) 占总厚度 (\sum_2) 的百分比分别为 61%、0%、23%、1% 和 15%, 可见 $\sum_{1-A} / \sum_1 < \sum_{2-A} / \sum_2$, 也说明第二期浊流能量大、搬运的粗粒碎屑物质多。另外, 第一期浊积序列中 A 层都含有透镜状、或团块状泥晶灰岩, 它们与围岩泥灰岩呈渐变过渡关系, 没有清晰界线, 说

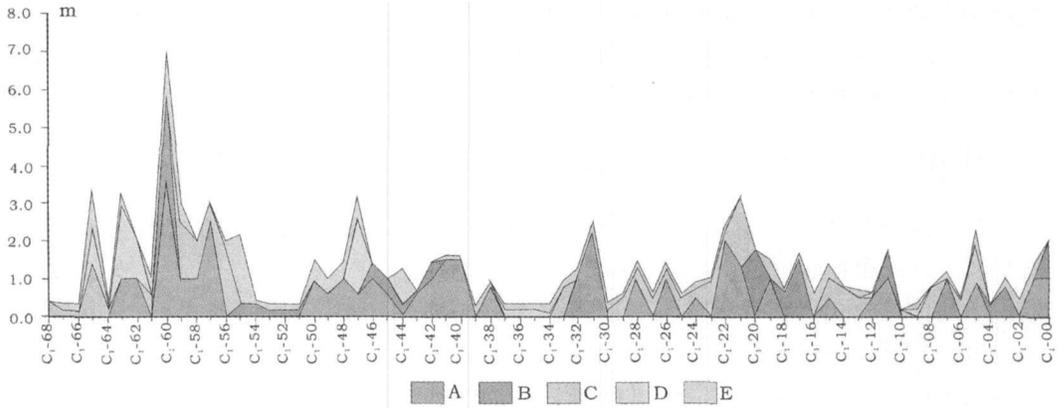


图 5 湘西王村剖面花桥组下部浊积岩浊积结构演化规律

A 含透镜状泥晶灰岩的泥灰岩; B: 波状层理的泥灰岩; C: 块状层理泥灰岩; D: 钙质泥岩; E: 泥晶灰岩

Fig. 5 Evolution of structures of the first turbidity succession in the Lower Huaqiao Formation at the Wangcun section, west Hunan

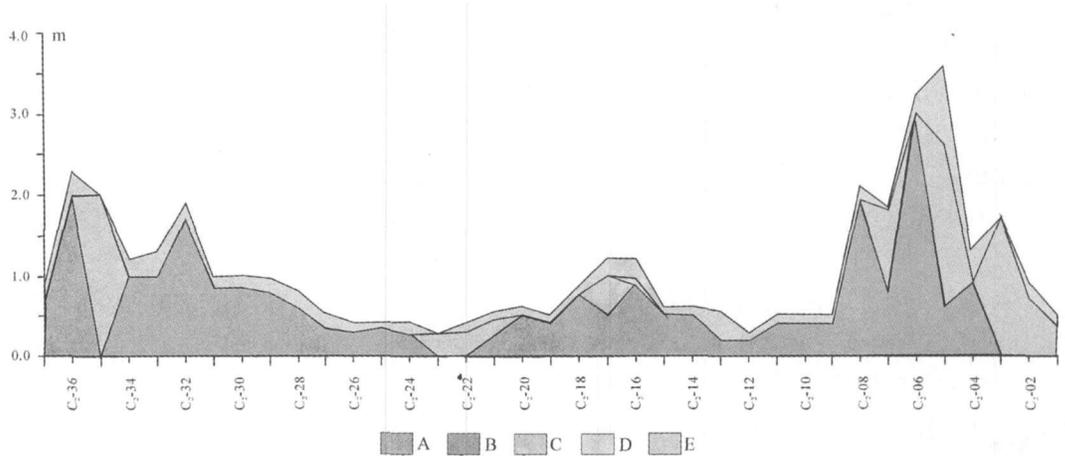


图 6 湘西王村剖面花桥组下部浊积岩浊积结构演化规律

A 含泥晶灰岩砾石的泥灰岩; B: 波状层理的泥灰岩; C: 块状层理泥灰岩; D: 钙质泥岩; E: 泥晶灰岩

Fig. 6 Evolution of structures of the second turbidity succession in the Lower Huaqiao Formation at the Wangcun section, west Hunan

表 3 王村剖面两期浊流活动强度对比

Table 3 Correlation between the first and the second turbidity successions

	第一期浊积序列					第二期浊积岩序列						
	A层	B层	C层	D层	E层	序列	A层	B层	C层	D层	E层	序列
浊积结构	A层	B层	C层	D层	E层	序列	A层	B层	C层	D层	E层	序列
厚度总和 /m	35.10	13.20	18.75	7.85	14.80	89.70	23.90	0.00	9.05	0.40	5.95	39.30
厚度比值	0.39	0.15	0.21	0.09	0.16		0.61	0.00	0.23	0.01	0.15	
占百分比	39%	15%	21%	9%	16%		61%	0%	23%	1%	15%	

明泥晶灰岩在尚没有固结的情况下被侵蚀、搬运和沉积,浊积物来自盆地边部或斜坡带下部而不是来自斜坡带。而第二期浊积序列中的 A 层以含有泥晶灰岩砾石为主,砾石呈球状、椭球状,磨圆度较高,表明泥晶灰岩砾石经过较长距离搬运之后才沉积下来,与第一期浊积岩序列相比,距物源区稍远,可能来自斜坡带或斜坡带上部,由碎屑流搬运而来,说明第二期浊流活动可能发生在海平面较低的低水位期。因此,两期浊积岩的 A 层结构不同反映当时海平面的高低不同,第一期浊积岩形成于深水盆地环境,而第二期浊积岩形成于水体相对较浅的斜坡带。

4 浊积层序与海平面变化的关系

海平面的升降对斜坡带沉积物粒度的影响较大,海平面上升时粗粒碎屑沉积物逐渐向岸退去,表现为退积序列;海平面下降时,粗粒碎屑物向盆地方向移动,表现为进积序列;海平面持续稳定时期,表现为垂向加积序列。王村剖面第一、第二期浊流之间的间歇期出现加积成因的灰黑色泥灰岩、泥晶灰岩、泥质条带灰岩,代表高水位期的沉积 (S_{11}),为高水位体系域 (HST)。王村南剖面中寒武统浊积序列呈较好的周期性出现,大的活动周期内包括小的活动周期,小的活动周期内又出现若干次浊积事件,从而形成层序、体系域、副层序、及浊积序列;从沉积的副层序特征来看,每个副层序的下部均为近源浊积岩,上部则为远源浊积岩,顶部甚至出现加积成因的薄层泥晶灰岩,表明海水深度由浅向深变化,说明浊积作用发生在海平面逐渐上升的过程中。因此,副层序 S_{11-10} 构成海侵体系域 (TST),副层序 S_{11} 构成高水位体系域 (HST),二者构成一个完整的三级层序。层序界面为每一期大规模浊流活动时形成的岩性分界面,即 S_{11} 与 S_{12} 副层序的分界面 (图 4)。作为确定全球寒武系第 3 统第 7 阶底界标志化石球接子 *Lejopyge laevigata* 就出现于第一期浊积序列之顶的最大海泛期沉积物中,由此可见,个体小、壳壁薄的球接子 *Lejopyge laevigata* 适于平静的深水环境,而在浊流事件频繁发生的

环境中不宜生存。

5 浊流沉积与大地构造运动的关系

扬子地台区早寒武世时为以黑色页岩沉积为主的盆地环境,与湘西黔东斜坡带早寒武世沉积环境相似,表明这一时期华南地区古地理环境分异较小,从中寒武世早期开始扬子地台上隆沉积了以白云岩为主的碳酸盐岩,江南斜坡带下部接受泥灰质沉积,斜坡带上部出现白云质、钙泥质沉积,盆地区为硅泥质、泥灰质沉积。华南地区寒武系相带呈北东—南西向带状展布,由北西向东南依次为台地相、斜坡相、和盆地相,这种古地理格局明显地受北东—南西向贯穿于本区的文山—铜仁—江阴台地边缘深大断裂带的控制,该断裂带活动导致北西盘上升形成碳酸盐台地,南东盘下降形成盆地,断裂带南侧附近处形成斜坡带。该断裂带是一个同沉积巨型活动断裂带,从早寒武世开始活动一直持续到中寒武世末期。研究表明,浊流的发生由断裂、地震^[15]、火山活动等外界因素诱发所致,江南斜坡带上幕次性浊积岩,预示着中寒武世该断裂发生了 7 次大规模的伸展活动。断裂两盘每出现一次差异性升降运动,台地边缘就出现一次崩塌,形成的碳酸盐岩块体、碎屑以重力流的形式在台地边部的斜坡带上沉积下来,同时斜坡带上部因地壳抬升、坡度变陡而导致尚未固结的泥灰质沉积物以浊流形式运移到斜坡带下部沉积。花桥组下部第一期浊积序列 A 层中大量透镜体泥晶灰岩不具明显的砾状特征,成分差别不明显,表明泥灰质的搬动与斜坡的变陡同步发生。而第二期浊积岩序列 A 层中泥晶灰岩砾状特征显著,成分差异明显,意味着泥晶灰岩在固结成岩后崩塌经过一定距离的搬运后才沉积,也说明此时的文山—铜仁—江阴深大断裂带的南盘下沉幅度较大,近台边缘斜坡带较陡。

因此,据湘西王村南剖面的岩性特征和其中的浊积岩特征,可以恢复华南地区的大地构造演化历史。早寒武世华南地区表现为相同的大地构造环境(滞流盆地),早寒武世末期或中寒武世早期,沿文山—

铜仁—江阴一带呈北东—南西向形成规模不大的台隆, 沉积钙质页岩夹泥质白云岩组合, 随后地壳伸展沿台隆边部出现断裂带, 断裂带的北西盘上升、南东盘下沉, 斜坡较缓, 湘西王村等地出现含“塑性”灰质团块浊流沉积序列, 随着断裂带的继续活动, 差异升降运动显著, 斜坡变陡, 台地边缘及斜坡上部的碳酸盐类物质在重力作用下崩塌向下运移至斜坡下部沉积形成含砾质的浊积岩序列。

6 结论

(1) 湘西王村地区浊流活动频繁, 中寒武世斜坡带发生了 7 期规模较大的浊流事件, 第一期浊流活动形成了 69 个浊积序列, 10 个副层序; 第二期浊流活动形成 37 个浊积序列, 7 个副层序。

(2) 第一期浊积岩发生在斜坡逐渐变陡、海平面逐渐上升的过程中及沉积物尚未固结的情况下, 第二次浊积岩发生在海平面较低、斜坡边缘坡度大、地势差异大的情况下, 由台地边缘固结的碳酸盐岩崩塌向海搬运沉积形成。

(3) 第一期浊积岩组合构成三级层序下部的海侵体系域 (TST), 顶部泥灰岩为三级层序的高水位体系域 (HST)。第二期浊积岩组合构成上部一个三级层序的低水位系域。

(4) 浊流活动与台地边缘深大断裂带的发生、发展有着密切关系。浊积序列是断裂带活动的结果, 该断裂带在中寒武世发生过 7 次显著的差异性升降运动。第一期活动形成稍缓的江南斜坡带, 第二期活动形成较陡的江南斜坡带。

致谢 本文在野外资料收集过程中曾得到中国科学院南京地质古生物研究所林焕令研究员、意大利比萨大学 Gabriella Bagnoli 教授的热心指导; 同时得到朱学剑、杨显峰两位博士研究生的热心帮助, 在此深表感谢!

参考文献 (References)

- Shiki T, Kumon F, Inouchi Y, *et al*. Sedimentary features of the seismo-turbidites. *Sedimentary Geology*, 2000, 135: 37~50.
- 崔周旗, 李文厚, 吴健平, 等. 乌里雅斯太凹陷斜坡带湖底扇砾岩体沉积特征与隐蔽油藏勘探. *沉积学报*, 2005, 23(1): 21~28 [Cui Zhouqi, Li Wenhou, Wu Jianping, *et al*. The depositional characteristics of Conglomerate bodies and exploration in subtle oil pools in sub-lacustrine fan facies in slope zone, Wuliyasitai Sag. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 23(1): 21~28].
- 曾允孚, 郑荣才. 湘西凤凰长坪清虚洞期碳酸盐重力流沉积及深水蒸发岩. *成都地质学院学报*, 1984, 4: 13~21 [Zeng Yunfu, Zheng Rongcai. The carbonate gravity flow sediments and deep-water evaporites in the Qingxudong Formation (lower Cambrian) from Zhangping Town, Fenghuang County, western Hunan. *Transaction of Chengdu College of Geology*, 1984, 4: 13~21].
- 高振中, 段太忠. 湘西黔东寒武纪深水碳酸盐重力沉积. *沉积学报*, 1985, 3(3): 7~19 [Gao Zhenzhong, Duan Taizhong. Gravity-displaced deposits of Cambrian deep-water carbonates in west Hunan and east Guizhou. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1985, 3(3): 7~19].
- 陈志明. 扬子地台早古生代碳酸盐重力流沉积的地质背景探讨. *地质科学*, 1991, 4: 337~345 [Chen Zhiming. A discussion on geological background for carbonate gravity flows in early Paleozoic carbonate rocks on Yangtze Platform. *Scientia Geologica Sinica*, 1991, 4: 337~345].
- 覃明, 赵征. 三(都)一丹(寨)地区中寒武世至早奥陶世碳酸盐重力流沉积. *贵州地质*, 1993, 10(2): 131~137 [Qin Ming, Zhao Zheng. Carbonate gravity-flow sedimentation from Middle Cambrian period to Lower Ordovician period in Sandu-Danzhai Region. *Geology of Guizhou*, 1993, 10(2): 131~137].
- 覃建雄, 曾允孚, 陈洪德, 等. 碳酸盐斜坡沉积层序地层研究. *石油实验地质*, 1999, 21(2): 110~118 [Tan Jianxiong, Zeng Yunfu, Chen Hongde, *et al*. Sequence stratigraphic study of carbonate slope deposition. *Experimental Petroleum Geology*, 1999, 21(2): 110~118].
- Ercilla G, Alonso B, Wynn R B, *et al*. Turbidity current sediment waves on irregular slopes: observations from the Orinoco sediment wave field. *Marine Geology*, 2002, 192: 171~187.
- Pirmez C, Inrath J. Reconstruction of turbidity currents in Amazon Channel. *Marine and Petroleum Geology*, 2003, 20: 823~849.
- 刘宝勤, 叶红专, 蒲心纯. 黔东、湘西寒武纪碳酸盐重力流沉积. *石油与天然气地质*, 1990, 11(3): 235~246 [Liu Baoqin, Ye Hongzuan, Pu Xinchun. Cambrian carbonate gravity flow deposition in Guizhou and Hunan. *Oil & Gas Geology*, 1990, 11(3): 235~246].
- 彭善池. 斜坡相寒武系. 见: 南京地质古生物研究所, 中国地层研究二十年 (1979-1999). 合肥: 中国科技大学出版社, 2000. 23~38 [Peng Shanchi. Slope-facies of Cambrian. In: *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology. Stratigraphical Studies in China (1979-1999)*. Hefei: Press of University of Science and Technology of China, 2000. 23~38].
- 傅启龙, 周志澄, 彭善池, 李越. 湘西中上寒武统界线层型侯选剖面沉积特征. *地质科学*, 1999, 34(2): 204~212 [Fu Qilong, Zhou Zhicheng, Peng Shanchi, Li Yue. Sedimentology of candidate sections for the Middle-Upper Cambrian boundary stratigraphy in western Hunan, China. *Scientia Geologica Sinica*, 1999, 34(2): 204~212].
- Bouma A H. *Sedimentology of some flysch deposits*. Amsterdam, Elsevier Publishing, 1962. 168.
- 方爱民, 李继亮, 侯泉林. 浊流及相关重力流沉积研究综述. *地质论评*, 1998, 44(3): 270~280 [Fan Aimin, Li Jiliang and Hou Quanlin. Sedimentation of turbidity currents and relative gravity flows: a review. *Geological Review*, 1998, 44(3): 270~280].

15 鄢继华, 陈世悦, 宋国奇, 等. 三角洲前缘滑塌浊积岩形成过程初探. 沉积学报, 2004, 22(4): 573~578 [Yan Jihua, Chen Shiyue, Song Guoqi *et al.* Qian Guiqiang Preliminary study on the formation

of fluxoturbidite in front of Delta. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(4): 573~578].

Tectonic Significance and Sedimentary Characteristics of Turbidity Successions within the Cambrian Huqiao Formation at Wangcun Section in the West Hunan, South China

ZUO Jing-xun^{1,2} PENG Shan-chi² ZHOU Chuan-ming²
YAN Chang-hai¹ LU Guo-yin¹

(1. Henan Institute of Geology Survey, Zhengzhou 450007;

2. Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract Cambrian System at Wangcun section, west Hunan Province, represents typical sedimentary successions on the Jiangnan Slope Belt. Traditionally, the Lower Cambrian Series at the Wangcun section is divided into Balang Formation, Qingxudong Formation; the Middle Cambrian is divided into Aoxi Formation as well as the lower member of Huqiao Formation, and the Upper Cambrian Series is divided into the upper member of Huqiao Formation and Zhuitun Formation. Forming-stage of turbidity sediments within the Huqiao Formation can be attributed to seven long-term periods. The first turbidity succession in the Huqiao Formation includes 69 cycles that are attributed to 11 parasequences. The second turbidity succession in the Huqiao Formation includes 37 cycles that are attributed to 7 parasequences. Lower part of each parasequence consists of initiated turbidity sediments, and the upper part of each parasequences consists of distal turbidity sediments. A gradual rise in sea level can be deduced based on the marine sediments within each parasequence. The first turbidity succession formed during the sea-level rising period consists of transgression system. However, the second turbidity succession deposited on the relatively steeper slope during the low sea-level period forms the low water system. The Lower-Middle Cambrian turbidity succession frequently deposited on the Jiangnan Slope Belt suggesting that periodic activities existed during the formation of deep-fault along the margin of carbonate Platform.

Key words Middle Cambrian, turbidity sediment, Jiangnan Slope Belt, Wangcun section, fault developed a long carbonate platform