

# 贵州东南部下寒武统层序地层格架

赵亮东 郭荣涛

(中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,北京 100083)

**摘要:**贵州东南部下寒武统发育较为完整,相变剧烈,组成总体向上变浅的沉积序列,该序列代表一个二级层序;该二级层序还可以进一步划分为 5 个三级层序。自北西向南东,随着从斜坡到盆地的沉积背景变化,下寒武统逐渐变薄,直至变为一个难以进行三级层序划分的凝缩作用序列。依据三级层序“空间上相序的有序性和时间上环境变化的同步性”,以地层记录中“两种相变面和两种穿时性”为基本要素建立研究区下寒武统层序地层格架,该格架表明了寒武纪早期的快速海侵所造成的台地淹没事件之后,所形成的特殊的三级沉积序列样式。

**关键词:**贵州东南部;下寒武统;层序地层格架

**中图分类号:**P534.41 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2011)03-0577-09

## 1 研究背景

中国的寒武系分布非常广泛,全国各地均有分布,而扬子地台是中国寒武系最发育的地区之一。与华北地台普遍缺失下寒武统不同,扬子地台的寒武系普遍发育较为完整,因此被看做中国厘定下寒武统年代地层的典型区域<sup>[1]</sup>。

在属于上扬子区的贵州东南部,下寒武统的岩石地层序列多种多样<sup>[6-10]</sup>,其沉积背景由北西向南东逐渐加深。在前人<sup>[6-8]</sup>岩相古地理研究的基础上,使用 Vail 等<sup>[11-12]</sup>的经典层序地层模式,选取贵州东南部余庆河坝、丹寨南皋和三都渣拉沟 3 个典型剖面(图 1)进行层序划分,依据三级层序“空间上相序的有序性和时间上环境变化的同步性”,以地层记录中“两种相变面和两种穿时性”<sup>[13-15]</sup>为基本要素建立研究区下寒武统层序地层格架,从而进一步揭示研究区早寒武世沉积物的时间演变序列和沉积相的空间展布<sup>[16-18]</sup>。

## 2 研究区下寒武统层序地层划分

研究区内可识别的层序地层界面主要包括淹没

不整合面和暴露间断面两种类型,它们是层序划分的重要依据。层序划分可以反映沉积物和沉积相的时间演化序列,为建立层序地层格架奠定基础。

### 2.1 贵州余庆河坝剖面

余庆河坝剖面是研究区内斜坡相区沉积的典型代表,其中下寒武统厚度约为 1258 m,自下而上由牛蹄塘组、明心寺组、金顶山组以及清虚洞组组成(图 2)。牛蹄塘组厚度约 180 m,由一套深水相黑色页岩组成,其底部的远洋盆地相硅质岩直接覆盖在灯影组白云岩之上,形成一个以快速加深为特征的淹没不整合面,该硅质岩与上覆的黑色炭质泥页岩共同构成三级层序 SQ<sub>1</sub> 的凝缩序列,牛蹄塘组中上部的深水陆棚相泥页岩则构成该层序的高水位体系域,表明沉积环境整体较深。

牛蹄塘组顶部的缺氧盆地相黑色炭质泥页岩与上覆的明心寺组分别构成三级层序 SQ<sub>2</sub> 的凝缩段单元和高水位体系域单元。明心寺组总体为一套由深水陆棚相泥页岩变浅至滨岸相砂岩的砂质进积型海岸沉积序列,其中发育厚度达 350 m 的碳酸盐岩地层,该套碳酸盐岩地层主要由泥晶生物丘灰岩组成,并发育潮下型米级旋回,其基底为深水陆棚相泥

收稿日期:2011-01-05;改回日期:2011-03-09

基金项目:中国石化科技工程重点项目(QZ-2005-06)资助。

作者简介:赵亮东,男,1983 年生,博士生,现主要从事沉积学与地层学方面的研究;E-mail:liangdong1983@hotmail.com。

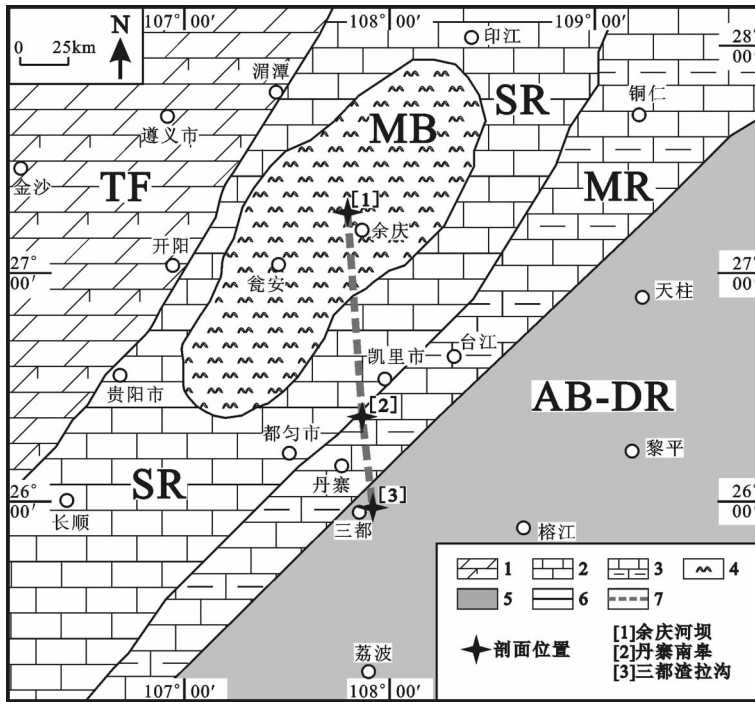


图1 研究区三级层序  $SQ_3$  沉积期岩相古地理图及剖面位置分布(据梅冥相等<sup>[10]</sup>修改)

1—白云岩夹灰质白云岩;2—灰岩;3—灰岩夹泥灰岩;4—生物丘灰岩;5—泥页岩;6—相带界线;7—层序地层格架的位置;  
TF—潮坪相;SR—浅缓坡相;MB—泥晶生物丘相;MR—中缓坡相;DR—深缓坡相;AB—缺氧盆地相

Fig.1 Map showing the lithofacies-paleogeography during the deposition of the Cambrian third-order sequence  $SQ_3$  and the location of the sections in the study area (after Mei Mingxiang et al., 2006<sup>[10]</sup>)

1—Dolomite intercalated with limestone; 2—Limestone; 3—Limestone intercalated with marl; 4—Bioherm limestone;

5—Argillulite; 6—Boundary of sedimentary facies; 7—Location of sequence-stratigraphic framework; TF—Tidal flat facies;

SR—Shallow ramp facies; MB—Micritic bioherm facies; MR—Moderate ramp facies; DR—Deep ramp facies; AB—Anoxic basin facies

页岩,覆盖其上的是晚期高水位体系域的滨岸-陆棚过渡相泥质粉砂岩及滨岸相砂岩,这可以看作是碳酸盐台地的雏形。从层序底部较少的缺氧盆地相黑色碳质泥页岩以及顶部滨岸相砂岩层的发育可以看出,相比  $SQ_1$  形成时期  $SQ_2$  的沉积背景要浅得多。

三级层序  $SQ_3$  主要由金顶山组中下部组成,是一套陆源碎屑岩系。金顶山组底部厚度约 27 m 的深水陆棚相泥页岩组成该三级层序的凝缩段单元,层序的高水位体系域单元由之上的浅水陆棚相砂质泥岩至滨岸相细粒石英砂岩构成。总体来说该三级层序是一个典型的砂质进积型海岸沉积序列,与三级层序  $SQ_2$  类似,但是不发育碳酸盐岩地层。

金顶山组顶部的泥质粉砂岩及砂质泥岩构成三级层序  $SQ_4$  的海侵体系域单元,清虚洞组底部的深水陆棚相钙质泥岩组成层序的凝缩段单元,向上的缓坡相灰岩构成早期高水位体系域单元,而晚期高水位体系域单元由潮坪相白云岩构成,表明层序的

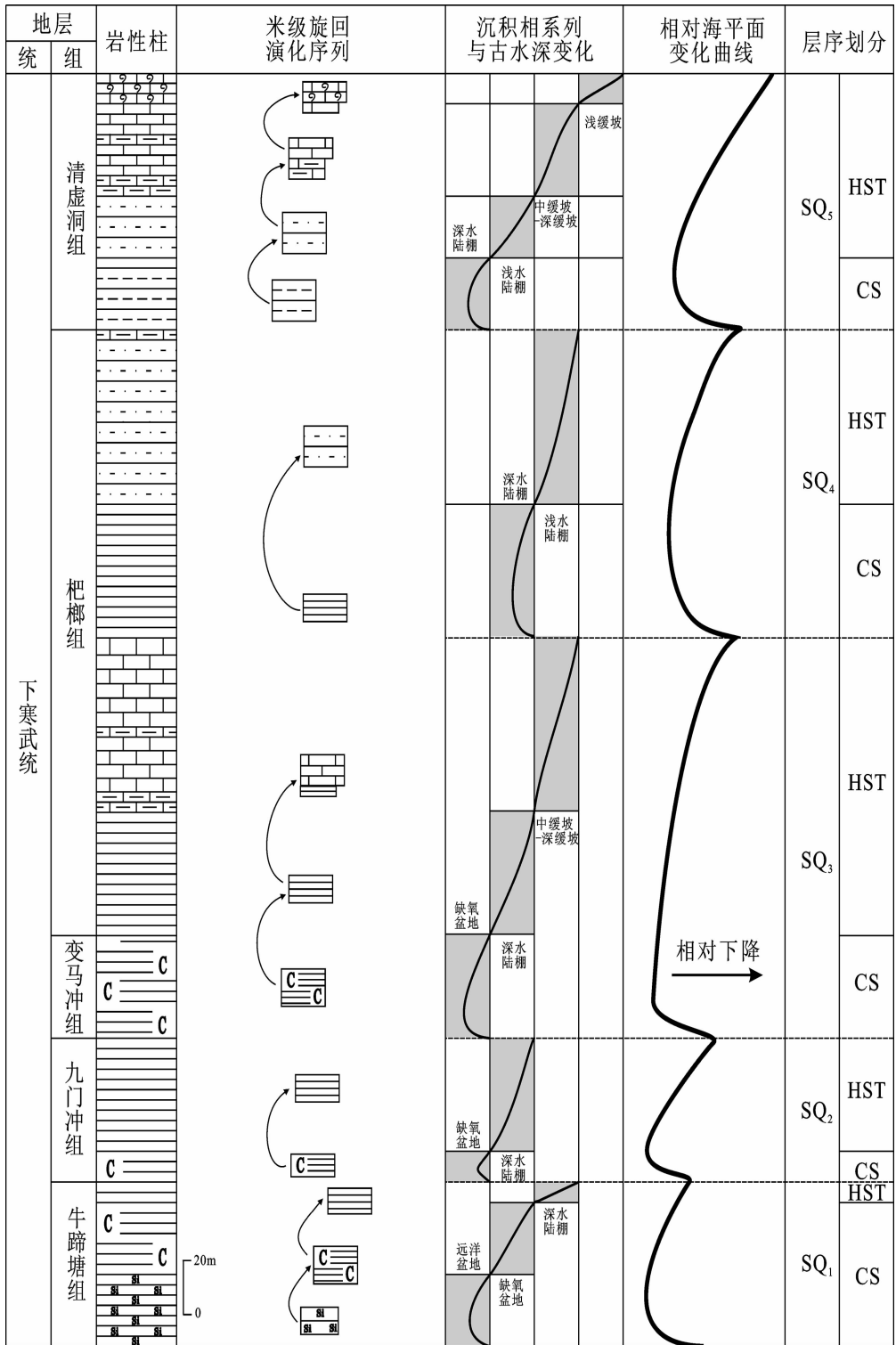
顶界面是一个明显的暴露间断面。层序中的凝缩段所代表的快速海侵事件是研究区寒武系碳酸盐岩台地生长发育的转折点<sup>[15]</sup>。

三级层序  $SQ_3$  由清虚洞组上段的碳酸盐岩地层所构成,分为海侵体系域和高水位体系域两个单元。其中海侵体系域单元由一套浅缓坡相泥晶生物丘灰岩及生物碎屑灰岩组成,向上伴随着环境变浅过程发育的白云岩地层构成层序的高水位体系域单元。

总体来看,三级层序界面自下而上有“淹没不整合型层序界面”(  $SQ_1$  至  $SQ_3$  的底界面),经过渡型层序界面(  $SQ_4$  的顶界面),演变为以暴露间断面为特征的层序界面(  $SQ_4$  和  $SQ_5$  的顶界面)。层序界面性质的变化也表明了沉积环境向上变浅的特点。

## 2.2 贵州丹寨南皋剖面

丹寨南皋剖面沉积背景总体上要比余庆河坝剖面深一些,表现在下寒武统为一套夹碳酸盐岩的混合沉积而且厚度变小,可以进一步分为牛蹄塘组、九



硅质岩   
  炭质泥页岩   
  泥页岩   
  钙质泥页岩   
  砂质泥岩  
 生物碎屑灰岩   
 泥灰岩   
 灰岩   
 层序界面

图 2 贵州余庆河坝剖面下寒武统层序地层划分

Fig.2 Sequence-stratigraphic division of Lower Cambrian strata along the Heba section in Yuqing of Guizhou Province



组厚度明显变小,说明由北西向东南沉积环境显著加深。整个牛蹄塘组构成三级层序  $SQ_1$ ,下部的远洋盆地相硅质岩和缺氧盆地相碳质泥页岩地层组成层序的凝缩段单元,顶部的深水陆棚相泥页岩地层组成层序的高水位体系域单元,而且前者的厚度明显大于后者的厚度,表明了寒武纪初期快速海侵之后与三级海平面下降相关的海退变浅效应的强度相对较小<sup>[21]</sup>。

九门冲组由缺氧盆地相碳质泥页岩和深水陆棚相泥页岩构成,分别作为三级层序  $SQ_2$  的凝缩段单元和高水位体系域单元,与余庆河坝剖面中对应的层序相比,其代表的沉积环境更深。

变马冲组及杷榔组下部构成三级层序  $SQ_3$ ,其中变马冲组的缺氧盆地相碳质泥页岩地层构成层序的凝缩段单元,杷榔组下部的深水陆棚相泥页岩地层构成层序早期高水位体系域单元,向上的浅水陆棚相泥灰岩和泥晶灰岩地层则构成层序的晚期高水位体系域单元。

该剖面中构成三级层序  $SQ_4$  的地层为杷榔组上段,总体上是一套总体向上变浅的陆源碎屑岩系,与余庆河坝剖面中的  $SQ_3$  类似,不发育任何碳酸盐岩地层。

清虚洞组构成该剖面的三级层序  $SQ_5$ ,不过此处

的清虚洞组与余庆河坝剖面中的清虚洞组存在明显差异——不发育白云岩地层。层序底部为深水陆棚相钙质泥岩地层所构成的凝缩段单元,向上的浅水陆棚相砂质泥岩地层则构成层序的早期高水位体系域单元,晚期高水位体系域为中缓坡—深缓坡相泥晶灰岩夹泥灰岩以及浅缓坡相生物碎屑灰岩地层。

### 2.3 贵州三都渣拉沟剖面

三都渣拉沟剖面是研究区盆地相区的典型剖面,该剖面的下寒武统被称为渣拉沟组,是一套由远洋盆地相硅质岩、缺氧盆地相炭质泥页岩以及深水陆棚相泥页岩构成的岩石序列。在该剖面下寒武统厚度仅为 58 m,与研究区浅水背景区域厚度为数百米甚至上千米的下寒武统形成鲜明对比,其中难以进行三级层序的划分,但是由于其沉积样式与三级层序类似,因此可以看作是一个以慢速的深水相沉积为主的特别的凝缩作用序列。

## 3 研究区下寒武统层序地层格架

贵州东南部下寒武统变化多端的沉积相类型形成一套非常特殊的岩石地层序列,该序列反映了寒武纪早期快速海侵所造成的台地淹没事件之后碳酸盐台地的生长和演化过程(图 1,图 5)。寒武系底部的牛蹄塘组深水相黑色页岩系直接覆盖在灯影组白云岩

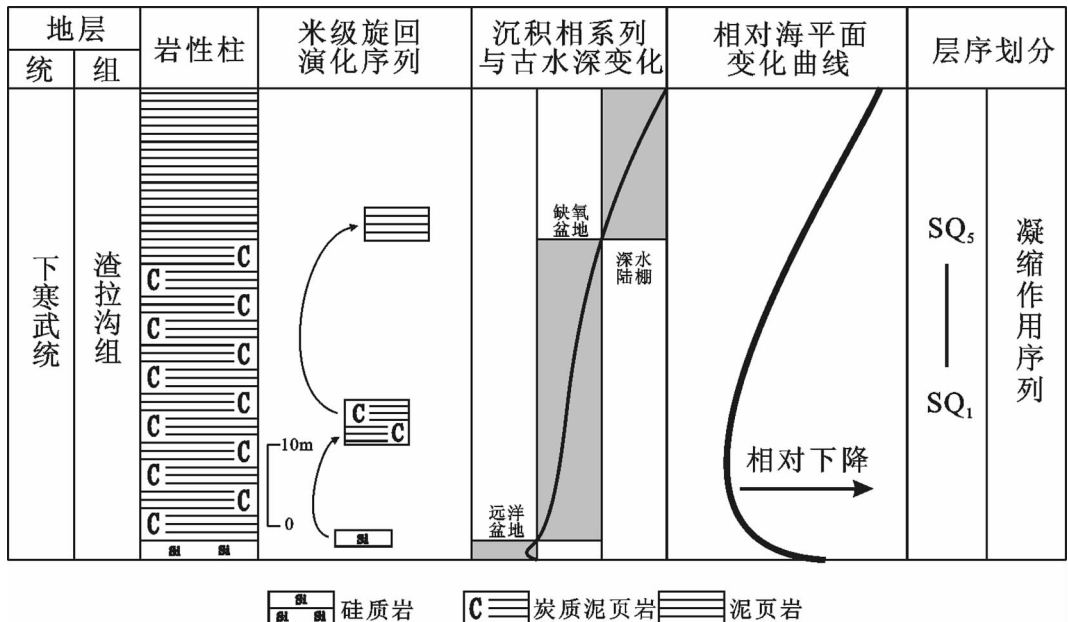


图 4 贵州三都渣拉沟剖面下寒武统层序地层划分

Fig.4 Sequence-stratigraphic division of Lower Cambrian strata along the Zhalagou section in Sandu of Guizhou Province



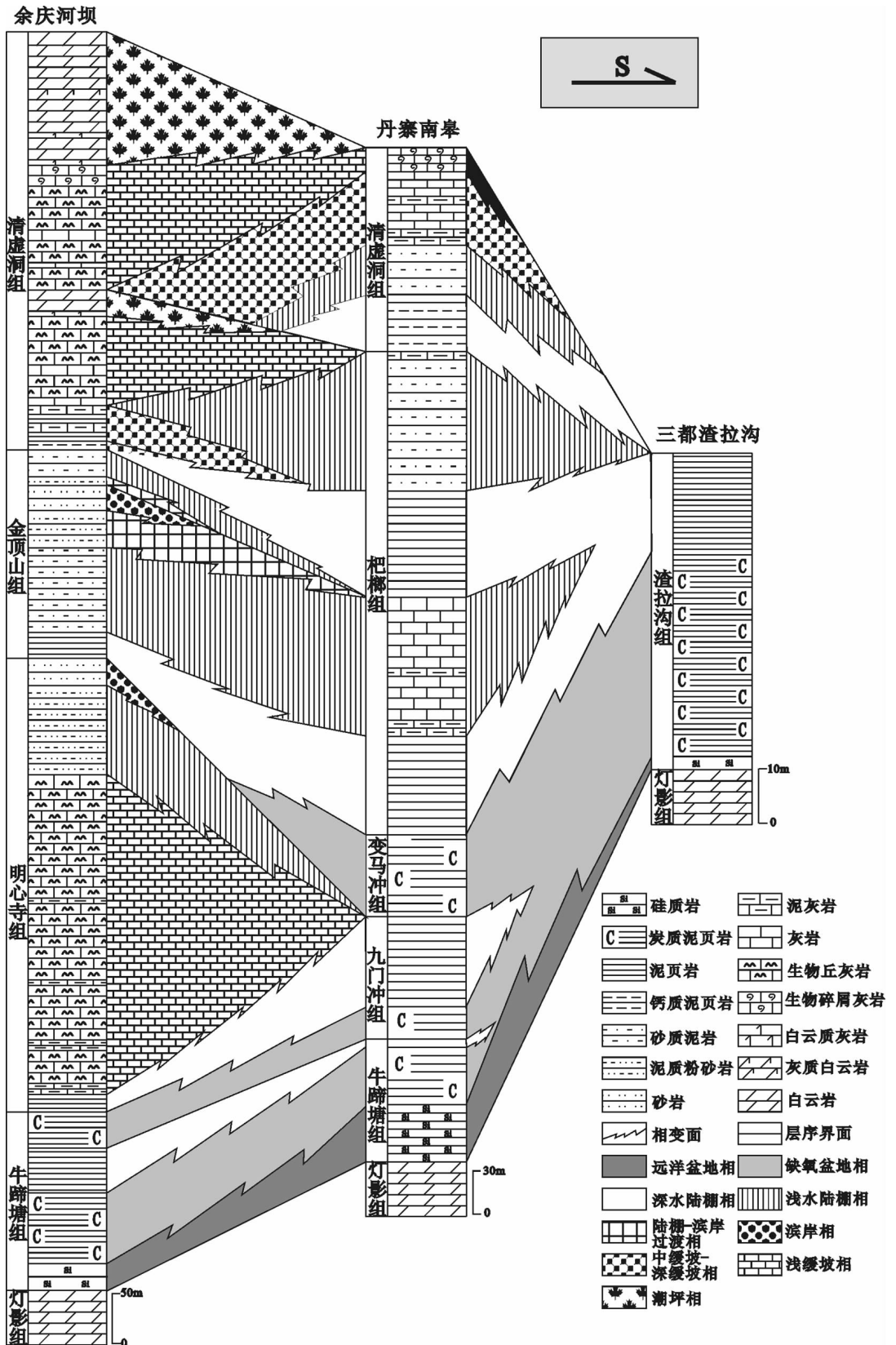


图5 研究区域下寒武统岩石-层序地层格架

Fig.5 Sequence-stratigraphic framework of Lower Cambrian strata in the study area

之上形成一个典型的淹没不整合型层序界面<sup>[19-20]</sup>,反映出快速海侵作用的特点,而且代表了一个沉积相带空间分异不明显的“相的持续性现象”<sup>[16,22]</sup>。覆盖在牛蹄塘组之上的明心寺组和金顶山组总体上为一套陆源碎屑岩系,岩石序列充分体现了两次环境变浅的特点,同时明心寺组中发育的泥晶生物丘则代表了碳酸盐岩台地的萌芽状态。最上面的清虚洞组几乎全部由碳酸盐岩构成,代表了碳酸盐岩台地的生长发育阶段,而其顶部潮坪相白云岩的高度发育则表明碳酸盐岩台地已进入成熟期。总之,在斜坡相区下寒武统岩石地层序列是在一个总体变浅、并包含若干个海侵-海退旋回的过程中形成的。空间上,明心寺组、金顶山组和清虚洞组下部向南东相变为一套以深水陆棚相泥页岩为主的地层,分别被称为九门冲组、变马冲组和杷榔组,同时覆盖在杷榔组之上的清虚洞组不发育白云岩,这与斜坡相区中的清虚洞组形成了鲜明的对比,进一步印证了自北西向南东沉积环境逐渐加深的古地理背景。继续向南东,在沉积背景更深的贵州三都一带,下寒武统总体上为一套底部为远洋盆地相硅质岩的黑色页岩系,其中难以再进行三级层序的划分,是一个典型的凝缩作用序列。同时,3个剖面中下寒武统的顶部均发育紫红色铁质泥岩构成的古土壤层,代表该层序的顶界面是一个明显的暴露间断面,同时也说明该间断面是一个二级层序界面。

综上所述,总体上研究区的下寒武统构成一个总体向上变浅的沉积序列,该序列组成一个二级层序<sup>[23]</sup>,在该二级层序中可以划分出5个三级层序SQ<sub>1</sub>至SQ<sub>5</sub>。该二级层序具有与其所包含的三级层序类似的相序结构,体现出了“旋回含旋回”<sup>[12]</sup>的特征。在相对深水背景下,三级层序均为“CS(凝缩段)+HST(高水位体系域)”序列,从而形成较为典型的“淹没不整合型层序”<sup>[19-20]</sup>;在相对浅水的背景下,三级层序则为“TST(海侵体系域)+CS(凝缩段)+HST(高水位体系域)”序列,层序界面也逐渐演化为暴露间断面;沉积环境最浅的背景下,三级层序为“TST(海侵体系域)+HST(高水位体系域)”序列。

## 4 结 论

贵州东南部的下寒武统构成一个比较特殊的层序地层格架,反映了沉积环境自下而上逐渐变浅、自北西向南东逐渐加深的特点。在下寒武统所包含的

5个三级层序中,层序界面自下而上由典型的淹没不整合型界面逐渐演变为明显的暴露间断面,代表了早寒武世碳酸盐台地的生长发育过程。

需要做出说明的是,国际地层委员会已于2005年公布了寒武系“四统”划分的方案<sup>[24-25]</sup>,但由于受目前研究程度所限,故本文仍然沿用了传统的寒武系“三统”划分方案。

## 参考文献(References):

- [1] 项礼文,朱兆玲,李善姬,等.中国地层典(寒武系)[M].北京:地质出版社,2000:1-95.  
Xiang Liwen, Zhu Zhaolin, Li Shanji, et al. Stratigraphical Lexicon of China: Cambrian [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000: 1-95 (in Chinese).
- [2] 贵州省区域地质调查院.贵州地层典[M].贵阳:贵州科技出版社,1996:1-319.  
Guizhou Institute of Regional Geological Survey. Stratigraphical Lexicon of Guizhou [M]. Guiyang: Guizhou Science & Technology Publishing House, 1996: 1-319(in Chinese).
- [3] 赵自强,丁启秀.中南区区域地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1996:1-197.  
Zhao Ziqiang, Ding Qixiu. Regional Stratigraphy in Central and South Part of China [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996: 1-197(in Chinese).
- [4] 董卫平.贵州省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997:1-142.  
Dong Weiping. Lithostratigraphy in Guizhou Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997: 1-142(in Chinese).
- [5] 张远志.云南省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997:1-366.  
Zhang Yuanzhi. Lithostratigraphy in Yunnan Province [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997: 1-366 (in Chinese).
- [6] 蒲心纯,周浩达,王熙林,等.中国南方寒武纪岩相古地理与成矿作用[M].北京:地质出版社,1994:1-191.  
Pu Xinchun, Zhou Haoda, Wang Xilin, et al. Cambrian Lithofacies, Paleogeography and Mineralization in South China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994: 1-191(in Chinese).
- [7] 刘宝珺,许效松.中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪)[M].北京:科学出版社,1994:1-239.  
Liu Baojun, Xu Xiaosong. Atlas of Sedimentary Facies and Paleogeography in South China [M]. Beijing: Sciences Press, 1994: 1-239 (in Chinese).
- [8] 冯增昭,彭勇民,金振奎,等.中国南方寒武纪和奥陶纪岩相古地理[M].北京:地质出版社,2001:1-221.  
Feng Zengzhao, Peng Yongmin, Jin Zhenkui, et al. Lithofacies and Paleogeography of the Cambrian and Ordovician in South China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001: 1-221 (in

- Chinese).
- [9] 冯增昭, 彭勇民, 金振奎, 等. 中国早寒武世岩相古地理 [J]. 古地理学报, 2002, 4 (1):1-14.  
Feng Zengzhao, Peng Yongmin, Jin Zhenkui, et al. Lithofacies palaeogeography of the Early Cambrian in China [J]. Journal of Palaeogeography, 2002, 4 (1):1-14 (in Chinese with English abstract).
- [10] 梅冥相, 张丛, 张海, 等. 上扬子区下寒武统的层序地层格架及其形成的古地理背景 [J]. 现代地质, 2006, 20 (2):195-208.  
Mei Mingxiang, Zhang Cong, Zhang Hai, et al. Sequence - stratigraphic frameworks and their forming backgrounds of paleogeography for the Lower Cambrian of the Upper - Yangtze Region [J]. Geoscience, 2006, 20 (2):195-208 (in Chinese with English abstract).
- [11] Vail P R, Mitchum R M, Thompson III S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 3: Relative change of sea level from coastal onlap [C]//Payton C E (ed.). Seismic stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration. AAPG Memoir, 1997, 26: 63-97.
- [12] Mitchum R M, Van Wagoner J C. High-frequency sequences and their stacking pattern: sequence stratigraphic evidence of high frequency eustatic cycles [J]. Sedimentary Geology, 1997, 70:131-160.
- [13] 梅冥相, 徐德斌. 沉积地层旋回性记录中几个理论问题的认识——兼论“露头层序地层”的工作方法 [J]. 现代地质, 1996, 10 (3): 85-92.  
Mei Mingxiang, Xu Debin. Cognition of several problems on cyclic records of sedimentary strata — discussion on working method of outcrop sequence stratigraphy [J]. Geoscience, 1996, 10 (3):85-92 (in Chinese with English abstract).
- [14] 梅冥相. 从地层记录的特征论岩石地层学的困惑 [J]. 地层学杂志, 1996, 20 (3):207-212.  
Mei Mingxiang. Discussion on the perplexity in lithostratigraphy in terms of the particularity of stratigraphical records [J]. Journal of Stratigraphy, 1996, 20 (3):207-212 (in Chinese with English abstract).
- [15] 梅冥相, 马永生. 从旋回层序的特征论地层记录的两种相变面及两种穿时性 [J]. 地层学杂志, 2001, 25 (2):150-153.  
Mei Mingxiang, Ma Yongsheng. On two kinds of facies-change surface and two kinds of diachronism in stratigraphical records according to the natures of cyclic - sequences [J]. Journal of Stratigraphy, 2001, 25 (2):150-153 (in Chinese with English abstract).
- [16] 梅冥相, 高金汉. 岩石地层学的相分析方法与原理 [M]. 北京: 地质出版社, 2005:1-287.  
Mei Mingxiang, Gao Jinhan. Facies-Analysis Method and Principle of Lithostratigraphy [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005:1-287 (in Chinese).
- [17] Tucker M E. Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks [M]. Oxford: Blackwell Science Publication, 2001:1-263.
- [18] Miall A D. The Geology of Stratigraphic Sequence [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1997:1-439.
- [19] Comez J J. Condensed processes in shallow platform [J]. Sedimentary Geology, 1994, 92:147-159.
- [20] 梅冥相. 淹没不整合型碳酸盐三级旋回层序——兼论碳酸盐台地的凝缩作用 [J]. 岩相古地理, 1996, 16 (6):42-33.  
Mei Mingxiang. The third-order carbonate cyclic sequences of drowned unconformity type with discussions on “condensation” of carbonate platforms [J]. Sedimentary Facies and Paleogeography, 1996, 16 (6):42-33 (in Chinese with English abstract).
- [21] 梅冥相, 张海, 孟晓庆, 等. 上扬子区下寒武统的层序地层划分和层序地层格架的建立 [J]. 中国地质, 2006, 33 (6):1292-1304.  
Mei Mingxiang, Zhang Hai, Meng Xiaoqing, et al. Sequence stratigraphic division and framework of the Lower Cambrian in the Upper Yangtze region [J]. Geology in China, 2006, 33 (6):1292-1304 (in Chinese with English abstract).
- [22] Einsele G. Event deposits: the role of sediment supply and relative sea-level changes—overview [J]. Sedimentary Geology, 2000, 104 (Special Issue):11-37.
- [23] 梅冥相, 马永生, 邓军, 等. 上扬子区下古生界层序地层格架的初步研究 [J]. 现代地质, 2005, 19 (4):550-562.  
Mei Mingxiang, Ma Yongsheng, Deng Jun, et al. The preliminary study of sequence-stratigraphic framework for the Lower Paleozoic of the Upper Yangtze Region [J]. Geosciences, 2005, 19 (4):550-562 (in Chinese with English abstract).
- [24] 彭善池, Babcock L E. 全球寒武系年代地层再划分的新建议 [J]. 地层学杂志, 2005, 29 (1):92, 93, 96.  
Peng Shanchi, Babcock L E. Newly proposed global chronostratigraphic subdivision on Cambrian system [J]. Journal of Stratigraphy, 2005, 29 (1): 92, 93, 96 (in Chinese with English abstract).
- [25] Babcock L E, Peng Shanchi, Geyer G, et al. Changing perspectives on Cambrian chronostratigraphy and progress toward subdivision of the Cambrian System [J]. Geoscience Journal, 2005, 9: 101-106.



## Lower Cambrian sequence–stratigraphic framework of southeastern Guizhou Province

ZHAO Liang–dong, GUO Rong–tao

(*School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*)

**Abstract:** Lower Cambrian strata are quite completely developed in southeast Guizhou, and the transitional facies characterized by intense facies change comprise an upward shallowing sedimentary succession, which constitutes a second–order sequence. This second–order sequence can be further divided into five third–order sequences. From northwest to southeast, with the change of sedimentary setting from slope to basin, Lower Cambrian strata gradually thin and eventually form a condensed succession which is difficult to divide in the third–order scale. Based on two kinds of natures of the third–order sequence, i.e., the regularity of lithofacies succession in space and the synchronism of environmental change in time, and taking the two kinds of facies–transition surface and two kinds of diachronisms in stratigraphic records as the fundamental elements in building sequence–stratigraphic framework for the Lower Cambrian strata of the study area, the authors hold that the sequence–stratigraphic framework demonstrates the special third–order sedimentary succession patterns formed after the platform drowning event caused by the rapid transgression at the early stage of Cambrian.

**Key words:** southeastern Guizhou Province; Lower Cambrian; sequence–stratigraphic framework

---

**About the first author:** ZHAO Liang–dong, male, born in 1983, doctoral candidate, majors in sedimentology and stratigraphy; E–mail: liangdong1983@hotmail.com.