

## 贵阳乌当地区中、上奥陶统沉积学研究

张志斌<sup>1</sup>, 刘建波<sup>2</sup>

(1. 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110033; 2 北京大学 地球与空间科学学院, 北京 100871)

**摘要:** 贵阳乌当地区上奥陶统碳酸盐岩地层与扬子地区同时代地层相比具有其特殊性, 黄花冲组与宝塔组“龟裂纹”灰岩时代相当。通过对该地区中、上奥陶统碳酸盐岩的研究, 划分出亮晶生屑灰岩相、泥晶生屑灰岩相、含生屑泥晶灰岩相、生屑泥晶灰岩相和页岩-粉砂岩相5种沉积相。根据沉积相组合推断此时期乌当地区黄花冲组处于局限潮下低能环境。

**关键词:** 中、上奥陶统; 沉积相; 沉积环境; 贵阳乌当

研究区主要位于贵州省东北部乌当区(新添寨镇)。该区与宝塔组同时代的黄花冲组地层并没有表现出典型的“龟裂纹”沉积特征。奥陶系出露完好, 化石丰富, 生物地层学基础较好<sup>[1, 2]</sup>, 但是沉积学研究比较薄弱, 只有梅冥相<sup>[3]</sup>等对贵阳乌当地区进行过地层层序的研究。

## 1 碳酸盐岩

对于碳酸盐岩的分类, 目前被沉积学家广泛接受的现代碳酸盐岩分类系统多采用 Folk<sup>[4]</sup>和 Dunham<sup>[5]</sup>的结构成因分类。他们分类的特点是根据结构成熟度反映沉积环境的水动能水平。国内曾允孚<sup>[6]</sup>、王英华<sup>[7]</sup>等也提出了类似的碳酸盐岩分类系统。本文采用曾允孚等人的分类系统, 并结合研究区内的碳酸盐岩类型, 略作修改(表1)。

碳酸盐岩岩石组构可分为杂基和颗粒。其中, 杂

基可分为泥晶基质和亮晶胶结物, 颗粒可划分为非生屑颗粒和生屑颗粒。

## (1) 非生屑颗粒

非生屑颗粒包括内碎屑和外碎屑、球粒、团块等类型。本区主要出现内碎屑。内碎屑是盆内弱固结的碳酸盐沉积物, 经岸流、潮汐及波浪等作用剥蚀并经过再沉积的碳酸盐碎屑<sup>[4]</sup>。本区研究地层中的内碎屑主要是砂屑(直径2~0.06 mm)。砂屑磨圆较好, 有一定的分选, 形成于较高能的浅水环境。

## (2) 生屑颗粒

作为统称, 生屑包括那些经破碎、搬运、磨蚀的生物碎屑或经搬运、非原地生长的虽经磨蚀但因个体小而未被破碎的生物化石<sup>[8]</sup>。本区生屑可见三叶虫、棘皮、腹足、介形虫、钙藻、软体、珊瑚、苔藓虫等。

生屑在沉积学研究方面主要有2个用途: ①作为沉积颗粒, 其粒度、分选和磨圆性可反映生屑破碎形成、搬运介质及沉积环境的能量。②作为生物骨骼, 其组成随时代和生活环境的变化而变化, 故可指示生活或沉积环境。这是由于生物的硬体是从生活环境中吸取矿物质构成的, 一方面硬体受着环境的控制, 并且有一定的遗传性; 另一方面生物硬体矿物组成的演化, 也反映了沉积圈沉积物质的演化<sup>[7]</sup>。下面对不同种类的生屑逐一进行分析。

①三叶虫: 单层波纤结构, 在单偏光下较明亮, 在正交偏光下呈波状消光。本区以薄壳类为主, 个体较小(5~10 mm), 为部分保存, 分选较差, 磨圆程度差, 破碎程度中等, 没有泥晶套, 部分重结晶。三叶虫在较动荡的环境中底游或半底游生活, 是寒武纪的指相化石, 主要生活在浅水陆棚及较动荡的水体环境中。

表1 乌当地区奥陶系常见碳酸盐岩分类

Table 1 The classification of Ordovician carbonate in Wudang

石灰岩类型	颗粒百分含量	颗粒类型	主要填隙物	支撑类型
亮晶生屑灰岩	> 50%	生屑	亮晶	颗粒支撑
泥晶生屑灰岩			灰泥	
亮晶内碎屑灰岩		内碎屑	亮晶	
微晶内碎屑灰岩			灰泥	
生屑泥晶灰岩	50% ~ 25%	生屑	灰泥	基质支撑
内碎屑泥晶灰岩		内碎屑		
含生屑泥晶灰岩	25% ~ 10%	生屑	灰泥	
含内碎屑泥晶灰岩		内碎屑		
泥晶灰岩	<10%	生屑 内碎屑	灰泥	

②棘皮动物:本区主要为海百合,均以其茎保存为主,根、萼、腕不易保存。在正交偏光下呈整体消光,为假单晶结构,茎的中心常被泥质填充。生态环境以底栖生活为主。现代海百合多数生活于 50~130 m 的热带、亚热带盐度正常充氧的海底。棘皮类主要分布于中陆棚—滩前环境,并可有风驱波浪(包括风暴流)等搬运至较深水环境或海底回流搬运至外陆棚上部,重力流的搬运距离较远。斜坡和盆地内的棘皮灰岩多属此成因。本区未见棘皮生物丘或棘皮堤沉积。

③腹足类:壳体原生矿物为文石质,但是在后生成岩过程中,常溶解并被亮晶方解石充填,形成铸模,螺塔内空洞常被泥晶充填。壳较薄。腹足类属于广盐类生物,可分布于淡水、河口和浅海等各种环境中。

④介形虫:呈纺锤型,个体较小,壳较薄,波纤结构。主要生活在氧气不足的潟湖环境。

⑤珊瑚:本区以四射珊瑚为主,单体单带型,隔壁和鳞板发育完整,个体较大。珊瑚为海洋底栖生活,生活于水透明度高、循环良好、氧气充分、盐度正常、养料丰富和风浪中度的环境。

⑥苔藓虫:有许多细小的个体组成的群体动物,个体间是由隔壁相连而成的块体,枝状,体积较大。主要生活在陆棚环境。

⑦钙藻:本区以红藻和蓝藻为主。红藻类,似球状,皮层较薄,边缘细胞较大,鉴定出 *Californiella huibuensis*, *Vermiporella yushanensis* 两种类型,与陈子焯等<sup>[8]</sup>在浙江江山上奥陶统三衢山组的化石类型相似。红藻类的生活环境以水体较清澈的富氧浅潮下带为主。蓝藻类以葛万藻(*Girvanella*)为主,呈直径均一的管状混杂分布,厚约 0.1 mm,主要生活于浅潮下环境。

⑧腕足类动物:本研究区内多出现无铰纲,平行片

状结构,平行片状常呈不同程度的起伏状,主要生活在光线充足、温度较高、氧气充足的潟湖环境。

作者对碳酸盐岩薄片中的生屑进行了鉴定,并在显微镜下统计了各类生屑的百分含量。通过相关系数(相关系数是根据大量的薄片特征的频率数据处理,进行样品或变量相似性或非相似性的对比所取得)分析,发现不同生屑类型具有不同的关系(表 2)。相关系数除了可以直接对比生屑的含量外,还可以根据相关系数的多少进行生屑的组合判断,根据生屑组合进而判断沉积环境。

从表 2 中可以看出:

(1)三叶虫、棘皮类和腕足类化石碎片相关系数高达 0.46、0.40 和 0.39,说明它们呈明显的正相关性。这是因为三类生物常生活于正常海中,是以底栖或半游泳生活,反映它们共生于开阔海潮下环境。

(2)介形虫和藻类也具有比较明显的正相关性,这是因为这两种生物生活在水体较清澈、氧气较充足的半局限海台地及浅滩相环境中。

(3)藻类和腕足类呈明显的负相关,这是因为藻类常生活于氧气较充足的动荡浅水中,腕足类生活在水体较深处,以底栖生活为主,二者生存环境相差较大,所以负相关较大。

## 2 沉积相

本文研究的奥陶纪地层以碳酸盐岩沉积为主,只是下伏湄潭组含有大量页岩和粉砂质页岩。沉积相是纯粹的描述性概念,因此沉积相的确定必须具有必要的描述和测量。通过研究本区奥陶系岩石类型和化石分布模式,借鉴已有的沉积相研究成果<sup>[7,9,10]</sup>,划分出以下沉积相和沉积亚相类型,并对其进行沉积环境解

表 2 不同种类生物碎屑间的相关系数

Table 2 The correlation coefficient of biological scrapings in different classes

	Total	三叶虫	棘皮	腕足	软体	藻类	藻丝体	苔藓虫	珊瑚	介形虫
Total	1									
三叶虫	0.02	1								
棘皮	-0.07	0.4	1							
腕足	-0.28	0.46	0.39	1						
软体	0.00	0.10	-0.02	0.00	1					
藻类	0.74	-0.15	-0.29	-0.53	0.00	1				
藻丝体	0.18	0.29	0.21	0.05	-0.05	-0.12	1			
苔藓虫	0.21	-0.27	-0.27	-0.06	-0.07	-0.01	-0.05	1		
珊瑚	0.09	-0.05	-0.01	-0.10	-0.07	0.17	-0.07	-0.04	1	
介形虫	0.34	0.13	0.02	-0.14	-0.25	0.36	0.06	-0.03	0.01	1

释。

### 2.1 亮晶生屑灰岩相

特征：亮晶胶结物含杂质，较污浊，他形胶结于颗粒之间，接触界面较平整。含海绿石及云母等自生矿物。岩层呈薄层状。生屑类型较丰富，有薄壳的三叶虫、海百合茎、苔藓虫、腕足类。生屑个体保存较小，不完整，主要分布于湄潭组上部。

沉积环境解释：丰富的生屑类型以及狭盐性生屑占优势等特征说明底层水含氧量丰富，盐度正常，在风暴浪基面之上；丰富的亮晶表明高能的沉积环境，在正常浪基面之上，所以该类型岩石沉积于局限深潮下环境。

### 2.2 泥晶生屑灰岩相

特征：深灰色细密网纹状、瘤状—薄层状，生屑含量大于50%，颗粒支撑结构；灰泥污浊，填充于生屑之间，生屑以苔藓虫为主，个体偏大，呈扇形分布，含硅质结核，主要分布于牯牛潭组底部。

沉积环境解释：泥晶含量代表低能的沉积环境，苔藓虫是广盐度浅海生物，反映深潮下环境保存。

### 2.3 生屑泥晶灰岩相

生屑含量在25%~50%之间，胶结物为污浊的灰泥，与颗粒接触面平滑。根据生屑类型可分为含藻类的生屑泥晶灰岩和不含藻类的生屑泥晶灰岩。

#### (1) 不含藻类的生屑泥晶灰岩亚相

特征：灰色薄层细密网纹状，生屑类型包括薄壳三叶虫、海百合茎、介形虫、腕足、腹足类等，以底栖动物为主，个体保存中等，有些破碎较强烈。主要分布于牯牛潭组中上部。

沉积环境解释：丰富的生屑类型以及狭盐性生屑占优势等特征说明底层水含氧量丰富，盐度正常，在风暴浪基面之上；丰富的泥晶表明低能沉积环境，在正常浪基面之下，所以该类岩石类型沉积于正常浅海的深潮下环境（正常浪基面和风暴浪基面之间）。

#### (2) 含藻类的生屑泥晶灰岩亚相

特征：与上述相比，生屑类型上有变化，含有许多红藻和蓝藻类。其中藻类的含量占50%以上，生屑中底栖类动物含量较不含藻者减少，生屑个体保存差到中等。浅灰—肉红色块状，含少量的泥质网纹。主要分布在黄花冲组的中上部。

沉积环境解释：大量的藻类生存，底栖类生物的减少，说明水体较清洁，氧气较充足，反映水体较浅的浅潮下环境。

### 2.4 含生屑泥晶灰岩相

大部分为灰泥支撑，生屑含量明显减少，根据生屑类型分为含藻类的含生屑泥晶灰岩和不含藻类的含生屑泥晶灰岩。

#### (1) 不含藻类的含生屑泥晶灰岩亚相

特征：灰色—肉红色，薄层网纹状，生屑类型有薄壳的三叶虫、海百合茎、介形虫、腕足、腹足类。底栖生物为主，生屑保存较完整。可以根据生屑量的变化分为含三叶虫生屑泥晶灰岩、含海百合的含生屑泥晶灰岩、含腕足的含生屑泥晶灰岩、含腹足类的含生屑泥晶灰岩。主要分布在牯牛潭组的中部。

沉积环境解释：狭盐度生物较多，没有藻类，颜色较浅，为正常浪基面和风暴浪基面之间的深潮下环境保存。

#### (2) 含藻类的含生屑泥晶灰岩亚相

特征：灰色中薄层—中层。生屑类型同上述对比有较多红藻和蓝藻类，藻类总体的含量比较大（占生屑总量的50%以上）。同时软体动物（腹足类为主）含量增多，生屑保存中等，可分为含软体动物的含生屑泥晶灰岩和含介形虫的含生屑泥晶灰岩。

沉积环境解释：藻类的存在反映水体较浅，氧气充足，岩层变厚说明为超补偿沉积，可以说明局限深潮下环境保存。

### 2.5 泥晶灰岩相岩

特征：灰泥支撑，灰色瘤状—薄层状沉积，生屑的总体含量很少（<10%），有薄壳的三叶虫、海百合茎和介形虫，少见有腕足类，均为底栖类生物，生屑个体保存较完整。主要分布在牯牛潭组的顶部。

沉积环境解释：生屑含量的减少，反映为缺氧环境的沉积，为海水较深的外缓坡环境保存。

### 2.6 页岩—粉砂质页岩相

特征：颗粒支撑，薄层状，风化面为灰色，新鲜面为灰白色。生屑类型以海百合和腕足类为主。粉砂质页岩风化面为灰绿色，新鲜面为灰黑色，云母含量较高，断面不平整，有颗粒感。

沉积环境解释：狭义的广盐度生物极其少见，生屑含量极少，反映水体最深的页岩盆地环境保存。

## 3 沉积环境

沉积相是具有特殊性质的一个沉积的岩石体，在特定沉积作用条件下形成的岩相反映特定的沉积过程、特定的环境因子或特定的沉积环境，即沉积相是沉积环境的产物。乌当奥陶纪沉积环境可分为浅潮下带、局限潮下低能带、深潮下低能带、外缓坡带和页岩

盆地(图 1)。

### 3.1 局限潮下低能带

局限潮下低能带代表低能较闭塞的环境,一般由障壁岛将其与广海隔开,仅有排水口与外海相连,其中海水处于封闭或半封闭状态。水能量一般较低,以潮汐作用为主;盐度变化较大,淡水、盐水、超盐水均有。岩性以含生屑泥晶灰岩和生屑泥晶灰岩为特征,以水平层理为主,生屑门类单一,均以广盐度生物为主,有腹足类、介形虫、腕足类以及蓝绿藻和红藻等,生活方式以底栖固着、爬行及底埋性为主,浮游型及游泳型极少。保存形式以分散为主。

### 3.2 浅潮下带

浅潮下带位于正常浪基面之上,长期遭受中等能量海水作用,属潮下中、高能环境。亮晶生屑灰岩和泥晶生屑灰岩是典型岩性,成熟度较高,生屑丰度变化较大,分异度较低,生屑以腕足、三叶虫、棘皮类正常海生动物为主。

### 3.3 深潮下带

深潮下带位于正常浪基面以下,风暴浪基面之上,受风暴作用影响最大。岩性以含生屑泥晶灰岩为主,生屑含量较前者明显减少。生物以腕足、三叶虫、棘皮、腹足类动物为主,藻类消失。生活方式以底栖型为主,生物碎片破碎程度低。

### 3.4 外缓坡带

浅缓坡环境位于风暴浪基面以下较深水和静水低能环境。此相海水较深,局部可达到氧化界面附近或以下,处于弱氧化至弱还原,不利于底栖生物生长和碳酸盐的沉积,其沉积作用取决于黏土质和硅质的流入量以及浮游生物残骸的注入量。泥晶灰岩是典型的岩性,生屑含量较少,分异度较低。生屑类型有三叶虫、棘皮和介形虫等。沉积构造以水平层理、纹层、瘤状构造为主。

### 3.5 页岩盆地

页岩盆地位于风暴浪基面以下的深水低能环境。碳酸盐岩沉积基本停止。岩性以绿色薄层泥页岩为主,中间夹杂砂岩夹亮晶生屑灰岩,生屑以海百合、腕足类和笔石为主。

## 4 结论

宝塔组“龟裂纹”灰岩分布在上扬子地台边缘,北起陕南,南至黔北,东达鄂东,西到川中,面积可达 50~60 万 km<sup>2</sup>。许多学者对宝塔组灰岩的成因进行了研究,对“龟裂纹”的成因可以归纳为以下几种解释:①沉积物暴露地表所形成的干裂;②水下凝缩纹;③水下胶缩纹;④虫迹;⑤水下沉积物收缩纹;⑥沉积-成岩构造<sup>[11]</sup>;⑦与火焰构造相似的准同生变形构造<sup>[12]</sup>。目前,结合三叶虫生物相分析<sup>[13]</sup>,大部分学者认为“宝塔组”形成于比较深水环境中。

奥陶纪时期贵阳乌当地区整体处于海相环境。湄潭组时期海水较浅,处于局限深潮下环境;牯牛潭组时期海水较深,处于外缓坡—浅潮下环境;牯牛潭组与黄花冲组的界线处藻类的出现,表明黄花冲组处于局限低潮下环境。黄花冲组的海水变浅导致了贵阳乌当地区晚奥陶世没有出现宝塔组“龟裂纹”灰岩。

## 参考文献:

- [1]贵州省地质矿产局. 1/20 万区域地质调查报告(贵州幅)[R]. 1976.
- [2]李军,王恽, Servais T, 等. 贵州黄花冲下奥陶统湄潭组疑源类[J]. 古生物学报, 2002, 41(1): 96—104.
- [3]梅冥相,周丕康. 克拉通盆地的地层层序格架[J]. 贵州地质, 1994, 1(11): 29—37.
- [4]Folk R L. Spectral subdivision of limestone types [A]. In: Ham W E, ed. Classification of carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir [C]. 1962. 62—84.
- [5]Dunham R J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture [A]. In: Ham W E, ed. Classification of carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir [C]. 1962. 108—121.

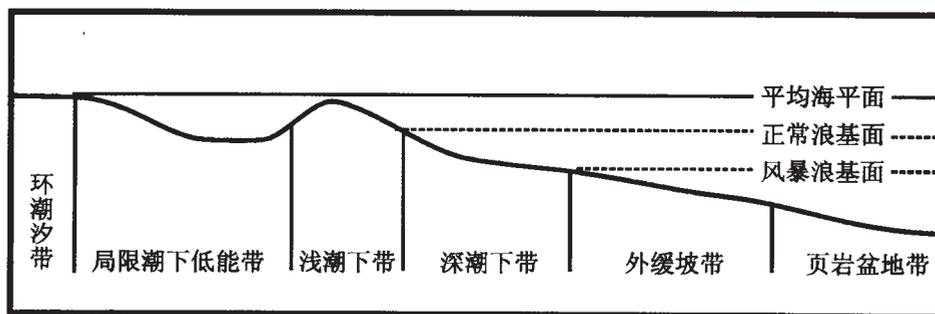


图 1 沉积相组合在碳酸盐缓坡分布的综合模式图

Fig. 1 The integration model of sedimentary facies association in carbonate slope

- [6]曾允孚, 夏文杰. 沉积岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1986.
- [7]王英华, 张秀莲, 迟元苓. 化石岩石学[M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1990.
- [8]陈子焯, 俞剑华, 金善火, 等. 浙江常见辉埠上奥陶统三衢山组钙藻化石——新种[J]. 微体古生物学报, 1995, 12(2): 211—214.
- [9]威尔逊 J.L. 地质历史中的碳酸盐相[M]. 冯增昭, 等译. 北京: 地质出版社, 1981.
- [10]陈建强, 周洪瑞, 王训练. 沉积学及古地理学教程[M]. 北京: 中国地质大学(北京), 1998.
- [11]王尧. 上扬子地台中奥陶统“龟裂纹”灰岩成因的新解释[J]. 地质科学, 1995, 30(3): 268—272.
- [12]周传明, 薛耀松. 湘鄂西奥陶纪宝塔组灰岩网纹构造成因及沉积环境探讨[J]. 地层学杂志, 2000, 24(4): 307—309.
- [13]周志毅, 周志强, 袁文伟, 等. 湘鄂西部地区晚奥陶世三叶虫相和古地理演化[J]. 地层学杂志, 2000, 24(4): 250—263.

## SEDIMENTARY STUDY OF THE MIDDLE AND LATE ORDOVICIAN IN WUDANG, GUIYANG

ZHANG Zhi-bin<sup>1</sup>, LIU Jian-bo<sup>2</sup>

(1. *Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China;*

2. *School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)*

**Abstract:** The Late Ordovician carbonates in Wudang, Guiyang differ from the coeval sediments at other sections in Yangtze area. Based on the study of the Middle and Late Ordovician in Wudang, in combination with analysis on sedimentary facies, it is deduced that the Huanghuachong formation was formed in restricted subtidal environments. Five sedimentary facies have been distinguished, i. e. skeletal grainstone, skeletal packstone, skeletal wackestone, lime mudstone and shale-siltstone facies.

**Key words:** Middle and Upper Ordovician; lithofacies; sedimentary environment; Wudang of Guiyang

作者简介: 张志斌(1997—), 男, 2003年毕业于中国地质大学(北京)地质学专业, 现主要从事区域地质研究工作, 通讯地址: 沈阳市北陵大街25号 沈阳地质矿产研究所 邮政编码 110033, E-mail://52472201@163.com

(上接第244页)

## DISCOVERY AND SIGNIFICANCE OF THE QUENCH FRAGMENT LAVA IN YIXIAN FORMATION IN WESTERN LIAONING PROVINCE

YANG Fang-lin, WANG Wu-li, ZHANG Hong, LI Zhi-tong, ZHANG Li-jun, ZHENG Shao-lin, ZHENG Yue-juan

(*Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China*)

**Abstract:** During recent years' geologic study in Western Liaoning, the authors found broadly outcropping quenching pillow lavas formed in lake basin environment for the first time. The quenching fragment lavas are distributed in the upper part of Sihetun layer, the middle of Zhuanchengzi layer and the upper of Dakangpu layer of Yixian formation. They commonly occur associating with the sediment interbeds of different levels in the Yixian formation, thus their emplacing ages would represent those of the corresponding sediment interbeds. The discovery of the quenching pillow lava is significant in the study of evolution and volcanic-sedimentary activities of Yixian-Fuxin basin and Jinyang basin.

**Key words:** quenching fragment lava; Yixian formation; Western Liaoning; stratigraphic correlation

作者简介: 杨芳林(1934—), 男, 1956年毕业于南京地质学校, 长期从事岩石学及有关矿产研究, 通讯地址: 沈阳市北陵大街25号 邮政编码 110033.