

川西北早志留世陆源碎屑 —碳酸盐混积缓坡^①

¹张廷山 ²兰光志 ²陈晓慧 ¹俞剑华 ¹边立曾

¹ (南京大学, 南京 210008) ² (西南石油学院, 南充 637001)^②

提 要 研究区位于扬子地块西北缘,由一套巨厚的页岩、泥岩层夹生物礁及透镜状和不规则层状风暴生屑灰岩、瘤状灰岩组成。根据区内特征的岩石类型及其组合、分布和相应的化石生态,作者认为本区兰多维列期至早温洛克期时为一典型的陆源碎屑—碳酸盐混积均斜缓坡,并且从浅到深划分为滨岸、浅缓坡、深缓坡及盆地等亚环境。滨岸区位于潮间带,以潮坪碳酸盐岩为代表;浅缓坡位于浪基面至风暴浪基面之间,岩性组合为A、B类风暴岩,A、B类瘤状灰岩、生物礁灰岩及粘结岩;深缓坡位于风暴浪基面至最大风暴浪基面之间,岩性以D、E类风暴岩、C类瘤状灰岩及泥页岩组合为特征;盆地处于最大风暴浪基面之下,为黑色泥页岩沉积。结合早志留世时全球冰川作用,文中讨论了海平面变化的原因及对环境的影响。

关键词 缓坡 岩相组合 海平面变化 早志留世 川西北

第一作者简介 张廷山 男 32岁 副教授 博士生 古生态与沉积环境

分布于四川广元—陕西北宁强一线的志留系,出露较好,地层连续且化石丰富,是我国研究志留纪地层及化石的理想地区之一。早在1882年,F. V. Richthofen就在其所著的《中国》一书中对该地区志留系作了描述,一个世纪以来,众多的地质古生物工作者,如Grabu (1924)、杨敬之 (1945)、盛怀斌 (1976)、陈旭 (1984, 1990)、金淳泰 (1982, 1988, 1992)⁽³⁾等等先后对该地区地层及古生物作了深入细致的研究,积累了大量资料,但是长期以来对该区的岩相古地理及生物礁等方面涉及不多,仅有少量成果问世。继该区生物礁古生态、风暴沉积等方面工作之后(张廷山等,1990⁽¹⁾,1991,1993⁽⁸⁾),笔者在广元朝天、神宣驿、中子、宁强等地兰多维列期至温洛克早期地层剖面研究的基础上,结合区域地质资料,将该区早志留世受风暴影响的泥质陆棚环境进一步划分为缓坡—盆地环境。

1 区域地质概况

研究区区域构造位置包含于华南板块的扬子地块之上,属于扬子地块西北缘的米仓山隆起区与川西北拗陷带的北部地区。志留系在区内除局部可能有上统存在外,主要出露下

^① 注:本文由油气藏地质及开发工程国家重点实验室开放基金资助
^② 固定地址:四川南充西南石油学院碳酸盐室,637001

志留统地层(兰多维列至温洛克期),最大厚度达1328m左右。局部地区与上奥陶统呈整合接触,其它大多数地区是超覆在中、上奥陶统不同层位之上,其上一般均与下二迭统呈假整合接触。本区下志留统主要以砂质页岩、黑色页岩、杂色页岩为主,间夹生物礁灰岩与生物碎屑灰岩。从下至上,可划分为龙马溪组、崔家沟组、王家湾组及宁强组(陈旭等,1991)。特别是宁强组,以一套巨厚的泥页岩夹生物碎屑灰岩<常呈透镜状>与紫红色生物礁灰岩为特征。底栖生物与笔石的生态组合特征显示川西北地区当时的沉积水深可能在30m~60m之间,为正常波基面之下的泥质陆架环境。

由于受加里东运动的影响,大体在奥陶纪晚期开始导致华南板块内地壳的抬升与下降,使一些地区上升成陆,一些地区沉降,形成起伏不平的地貌形态。在其西北面及南面,由于地壳抬升降起,形成川中隆起、大巴山隆起以及使汉南古陆进一步扩展,形成提供陆源物质的剥蚀古陆及高地。早志留世时,研究区基本继承了晚奥陶世时的古地貌格局,其东北面的汉南古陆可能是区内主要的陆源物质供给区之一。

2 缓坡沉积模式

2.1 缓坡及其主要特征

缓坡的概念首先为W. M. Ahr教授于1973年在其著名的论文《碳酸盐岩缓坡:陆棚的替代》<The Carbonate ramp: alternative to the shelf>中提出。它的原意是指在陆棚沉积区的一种具有向下缓缓倾斜的(一般小于 1°)大型碳酸盐沉积体。其所处位置在近滨(临滨)浅水波浪扰动区—外陆棚(远滨)低能环境之间(即晴天浪基面与最大风暴浪基面之间),相带宽缓,沉积物一般为低能环境下的产物。根据坡折的存在与否,Read(1985)^[14]又将其进一步划分为从浅水区到盆地之间匀缓过渡,无任何坡折的匀斜缓坡(同斜缓坡)以及具有坡折的远端变陡的缓坡两大类,并且与台地相沉积有明显区别(表1)。缓坡的概念

表1 缓坡与碳酸盐岩台地环境特征比较简表

Table 1 Comparison characteristics between ramp and carbonate platform

	缓坡	碳酸盐岩台地
地形	地形平缓,坡度 1° 左右,无浅水坡折带。	地形平坦,具浅水坡折带
水深	风暴浪基面以上的深水至浅水环境。	一般在晴天浪基面(正常波基面)以上。
能量	低能为主	高能带多在台缘,环境动荡
沉积物及沉积构造	以细粒低能环境下的沉积物为主,重力流不发育。常见风暴岩以及平行层理、丘状层理、渠迹等。	高能浅水沉积,台缘斜坡带常发育重力流。
生物礁	缺乏连续分布的生物礁带,缓坡上散布点礁、丘等。	主要发育在台地边缘,呈带状分布

当初之所以提出,主要是针对不具台地环境沉积特征的碳酸盐岩沉积体的。经过十多年的发展,缓坡概念已为国内外大多数地质工作者所接受和使用,并相继发现了许多古代与现代的碳酸盐岩缓坡。同时发展到用以解释某些具相同特征的陆源碎屑—碳酸盐沉积体(Marbello等,1981; Gagon等,1988^[16],1990; Sami等,1992^[12]; Lee等,1992^[11]),收到

良好的效果。

2.2 岩相组合与沉积环境

本区兰多维列期至温洛克早期地层含有几种特征的岩石类型,其组合则代表了不同的环境产物。根据区内六条剖面的研究,具代表性的指相岩石类型如下:

风暴岩 区内早志留世风暴岩据其特征及分布可分为五类(张廷山等,1993)^[8],其特征与环境意义见表 2。

表 2 早志留世风暴岩类型、特征及其与环境的关系(引自张廷山等,1993)

Table 2 Types and characteristics of Early Silurian tempestites and their relationships with environments

类 型	厚度 (cm)	特 征	生屑类型	风暴能量	沉积水深
近 源 风暴岩	A 型	100~300 具正粒序的生屑滞留沉积 底部见明显的冲刷面	棘屑	强 ↓ 弱	浅 ↓ 深
	B 型	1~20 同上 底部冲刷面较小	同上		
远 源 风暴岩	C 型	5~15 正粒序,下部具泥砾 底部冲刷面不太明显	棘屑腕足屑 三叶虫屑		
	D 型	2~6 水平纹理 丘状交纹理 平行纹理 生屑滞积层	腕足屑介屑、 三叶虫屑, 少量棘屑		
	E 型	2~6 同上 无生屑滞积层	少量棘屑, 粉砂级		

瘤状灰岩 根据其特征、地层分布规律及成因,瘤状灰岩可粗略地划分出三大类型。A 类——生物骨架体瘤状灰岩,主要由蓝绿藻包裹小型群体珊瑚(如 *Favasites*, *Heliolites*, *Subalveolites* 等),层孔虫等并粘结灰泥而成(图版 I-1)。层内含有较多的泥质,夹于由化石体形成的“瘤体”之间,瘤体直径一般在 1cm~20cm 左右,也有较大的。在研究区域内,此类瘤状灰岩分布于宁强组中下部,常单独成层(如四川广元中子王家沟剖面中呈 20cm 至数米厚),或形成生物层(如中子倒沟剖面)。除此以外,陕西宁强县城东也有分布。B 类——蓝绿藻粘结生屑、灰泥形成的瘤状灰岩,主要由隐藻类蓝绿藻缠结生屑并粘结灰泥而成。瘤体直径多为 5cm~20cm 左右,它们顺层分布于泥页岩中,若发育较好时,可形成藻球或藻丘(图版 I-2、3)。此类瘤状灰岩多见于王家湾组上部及宁强组中。C 类——由泥晶灰岩、生屑泥晶灰岩组成的瘤状灰岩(图版 I-4),主要分布于王家湾组下部、崔家沟组上部,少量见于宁强组下部。其特征为灰、深灰色泥晶灰岩、生屑泥晶灰岩组成的瘤体层,间夹泥质或泥质灰岩。瘤体呈径长为 1cm~7cm 的疙瘩状,泥质成分穿插其间,层厚不等。生屑泥晶灰岩瘤体中的生屑为介屑,少量棘屑和薄壳腕足类碎屑。瘤体含量至岩层中占 50%~75% 不等。当泥岩成分多时,形成分离的瘤体,而灰岩成分多时,则成层产出。A、B 类瘤状灰岩成因与生物(藻类)活动有关,且常与生物礁相伴产出;C 类瘤状灰岩多认为是早期胶结—压溶作用的结果。文中所述瘤状灰岩为一广义概念,A、B 类“瘤状灰岩”都为生物

或生物活动成因, A类的主体为生物块体, B类是由于蓝藻的粘结作用而形成, C类才是大多文献中所描述的瘤状灰岩。以上三类“瘤状灰岩”瘤体形态相似, 其间具有陆源泥质包围(因泥质成分占多数, 不能将A、B类“瘤状灰岩”层定义为生物灰岩), 固在此我们用了广义概念来描述此岩类。生物礁灰岩: 包括粘结岩在内, 多为紫红色厚层块状, 其中生物骨架体呈白色。生物礁灰岩沉积位置稳定, 在地层中颇为壮观, 代表浅缓坡环境。

泥页岩 在整个下志留统地层中, 泥页岩所占比例很大, 从下到上, 其变化规律为具沥青质的黑色页岩→深灰色泥页岩→灰色、杂色泥页岩、粉砂质页岩, 反映出沉积环境从较深的闭塞盆地向浅的较开阔环境演化的趋势。潮坪碳酸盐岩: 仅见于四川广元朝天王家湾组中, 代表滨岸环境产物。

上述岩类的组合, 分别出现于不同的层位、不同沉积环境中, 为滨岸—缓坡—盆地的沉积产物(表3)。

表3 陆源碎屑—碳酸盐岩混积缓坡的岩相组合与划分
Table 3 Subdivision of the ramp and petrographic assemblages

岩相	沉积构造	化石保存特征	环境(相)
潮坪碳酸盐岩	帐篷构造、层纹石、核形石	少量原地生长的珊瑚	海(滨)岸
A类风暴岩/粘结岩/生物礁	礁灰岩, 厚一块状; 粘结岩, 迭层状、瘤状; 风暴岩见粒序层	原地生物格架, 风暴岩以棘屑为主。	浅缓坡 (内缓坡)
A、B类瘤状灰岩/薄层泥晶灰岩/B类风暴岩	风暴岩为中—厚层, 棘屑粒序层	风暴岩以棘屑为主, 薄层泥晶灰岩中有腕足类及珊瑚等, 完整瘤体多由化石组成, 见风暴扰动打翻的珊瑚。	
泥页岩/C类泥质瘤状灰岩/风暴岩	瘤状灰岩, 中—薄层, 风暴岩为薄层生屑粒序层、透镜状。	风暴岩以棘屑为主; 瘤状灰岩, 泥页岩中化石完整。	深缓坡 (外缓坡)
泥页岩/E、D类风暴岩透镜体	生屑滞积层、丘状层理、水平层理、渠迹、底部冲刷面及平行层理。	风暴岩中化石破碎, 常见介形虫、三叶虫屑等; 页岩中化石完好, 以三叶虫、腕足类为主。	
泥页岩	常见水平纹层、岩石多呈暗色	完整笔石、三叶虫。	盆地

2.3 陆源碎屑—碳酸盐混积缓坡模式及主要沉积作用

区内岩相组合呈渐变过渡关系, 无陆棚边缘障壁及生物礁带; 无台地—斜坡转折和陡斜坡的重力流沉积; 生物礁为散布状分布且风暴岩发育, 因此, 可视为典型的同斜缓坡(Ahr 1973; 1985^[15]; Read, 1985^[14]; Wrigjt, 1986^[17]; Lee, 1992^[11]; Sami等, 1992^[12])(图1)。

2.3.1 盆地

这里所谓盆地不是一般所指的深海盆地, 而是浅海陆棚上的相对凹陷区。它通常位于最大风暴浪基面之下, 沉积物以黑色、暗色泥页岩、硅质泥岩为主, 夹粉砂岩薄层及小透镜体, 水平纹层发育, 常见黄铁矿小瘤体, 含有沥青质成分。笔石化石丰富, 保存完好, 并可见少量小型薄壳腕足类、三叶虫等, 泥岩层面上有时可见生物觅食活动的痕迹。其代表

地层为区内龙马溪组及崔家沟组下部。龙马溪组分布不广,由于处于最大风暴浪基面以下,所以环境较为闭塞,一般无水体扰动,化石分异度极低,大致相当于 BA₅ 生态位。

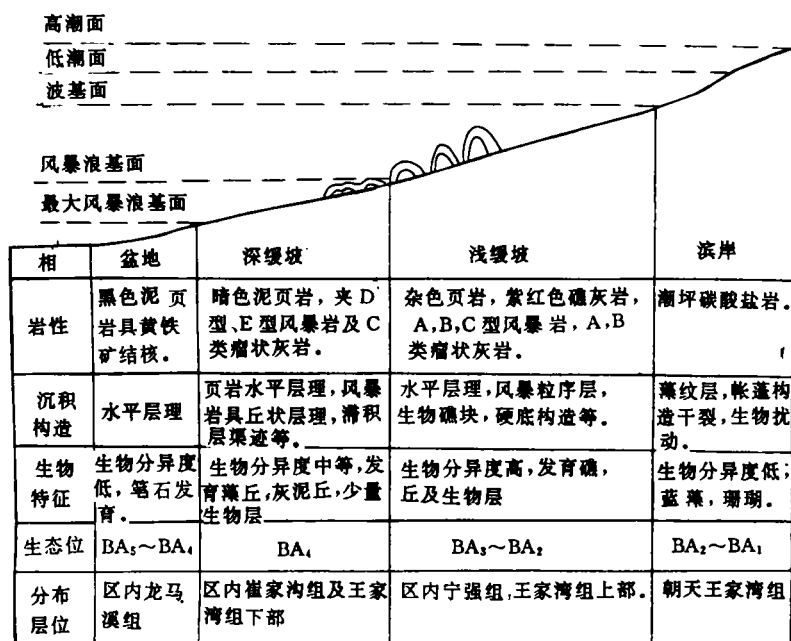


图 1 川西北地区兰多维列期至温洛克早期缓坡沉积模式图

Fig. 1 A ramp depositional model during Llandoveryian to Wenlockian Periods in NW Sichuan

2. 3. 2 深缓坡 (外缓坡)

深缓坡紧靠盆地内侧,大致相当于最大风暴浪基面至风暴浪基面之间 (Sami 等, 1992^[12])。沉积物质包括暗色具水平纹层的泥页岩,间夹风暴岩透镜体。透镜体一般厚 2cm~6cm 左右,长约 20cm,完整的风暴岩序列在深缓坡靠上部可见,具生屑滞积层、平行纹理、丘状纹理、水平纹理,但一般大多数缺少生屑滞积层。泥页岩中产笔石、三叶虫、小型腕足类及少量单体珊瑚。在深缓坡上部,发育“瘤状灰岩”(nodular limestone)层(C类)。瘤状灰岩岩层厚一般为几厘米至数米。以含“瘤”体并形成不规则层状为特征。瘤体间、或不规则层间泥质含量较高,常构成泥质瘤状灰岩。瘤体大小不等,变化较大,多为泥晶灰岩成分,其内部化石含量稀少,有时见少量生屑。瘤状灰岩与上下泥页岩多呈渐变过渡关系。

关于“瘤状灰岩”的沉积环境,许多学者都有过专门论述,结论是从深海沉积到潮下浅水环境都可能发生 (Garrisen 和 Fisher, 1969; Jenkyns, 1974; Wilson, 1975; Kennedy 和 Garrison, 1975; wanless, 1979; wilson 和 Jordan, 1983; Aigner, 1985; Moller 和 Kvingan, 1988)^[23, 22, 19, 13]。Mullins 等 (1980)^[18]发现瘤状灰岩的现代例子是在巴哈马碳酸盐台地斜坡上。但由于成岩作用在瘤状灰岩的形成中常常起着主导作用 (Wanless, 1979^[20]; Moller

和 Kvingan, 1988^[13]), 所以很难将其视为某个特定沉积环境的产物。就本区瘤状灰岩而言, 由于始终未能发现高能沉积环境标志, 因此我们认为它们应该是低能环境下的产物, 水体相对较深。根据 Moller 和 Kvingan (1988)^[13] 研究认为, 瘤状灰岩多位于斜坡靠上部环境, 而 Lee (1992)^[11] 却将其视为深缓坡的岩性代表。但 Sami 等 (1992)^[12] 在研究加拿大 Anticosti 岛早志留世受风暴作用影响的缓坡沉积之后发现, 瘤状灰岩层仅位于中至外缓坡 (即浅缓坡下部至深缓坡), 并推测水深为 40m~75m。深缓坡在本区的代表地层为崔家沟组及部分王家湾组。

2.3.3 浅缓坡 (内缓坡)

浅缓坡位于正常浪基面与风暴浪基面之间, 相当于内陆棚位置。沉积物以暗色泥页岩以及 A、B 类瘤状灰岩、风暴岩为代表。其中风暴岩以棘屑层及透镜体为特征, 无平行层理、丘状层理, 底部具有冲刷面, 其厚从几厘米至十几厘米不等, 上部逐渐过渡为厚层棘屑风暴岩、薄层泥晶灰岩、生物礁灰岩、粘结岩等。除生物礁中化石丰富外, 非礁相岩层中也产有大量三叶虫、腕足类、海绵、苔藓虫、层孔虫、腹足类、介形虫等。

与风暴岩相伴的沉积构造为渠迹 (Gutter) (图版 I-5), 多在缓坡下部出现。渠迹一般宽度从几厘米至十几厘米, 在宁强县城东玉带河边王家湾组地层中有多处可见, 其长度为 50cm 至 1m 不等 (出露部分), 常呈分叉状, 内部充填物为生屑及围岩细砾。Johnson 和 Baldwin (1985) 指出, 渠迹常见于风暴岩层之下, 为高能的风暴流沿斜坡对塑性沉积底质冲刷而留下的痕迹。其走向可指示缓坡大致方向 (Sami 等, 1992)^[12]。根据野外渠迹走向测量结果 (表 4), 并合区内区域地层厚度变化 (兰多维列期地层从北向南具逐渐增厚的趋势) 推测, 本区缓坡大致向 SW 方向倾斜, 坡度很小。因此, 与渠迹走向方面基本一致的宁强石咀子生物礁 (晚兰多维列至温洛克早期宁强组) 相互迭生 (爬坡) 的方面 (NW 向) (图版 I-6), 也指示了古缓坡的倾向向南。本区浅缓坡沉积以宁强组、王家湾组上部为代表。

2.3.4 滨岸相

主要为潮坪碳酸盐沉积, 发育帐篷构造、层纹石、核形石、干裂构造等 (图版 I-7、8), 其中, 化石为少量海百合屑、珊瑚、虫迹等, 潮坪上可发育小点礁。以广元朝天王家湾组上部为代表。

3 海平面升降与缓坡环境关系讨论

志留纪时, 海平面变化的影响因素有多种解释, 如造山运动、局部构造活动、冰川作用等。就目前已有资料看, 兰多维列期至温洛克早期全球海平面变化有一定规律 (Johnson 等, 1991) 且以冰川作用影响占主导地位。从晚奥陶世开始至温洛克时期, 冰川作用较为强烈, 全球海平面升降变化也受之控制 (Hambrey, 1983^[10]; 成汉钧等, 1991^[1]; 冯洪真等, 1993^[2])。冰期时, 由于受冰川的不断凝结影响, 全球海平面处于一种持续降低状态, 而在

表 4 宁强王家湾组中渠迹走向

Table 4 Trend of gutters in Wangjiawan Formation, Ningqian

渠迹	走向	位置
1	5°	陕 西 宁 强 县 玉 带 河 边 王 家 湾 组 下 部
2	0°	
3	15°	
4	4°	
5	11°	
6	8°	
7	3°	

间冰期时,由于陆上冰盖的溶解,大量水源注入海洋,致使海平面上升。晚 Ashgill 期时为较大冰期 (Tamadjert 冰期),发生全球性海退。至兰多维列期开始时,间冰期到来,非洲大陆冰盖开始溶解,全球海平面上升 (Mckerrow, 1979^[20]; Brenchley 和 Newall, 1980^[21]; Hambrey, 1983^[10]),海平面变化范围估计为 100m 左右 (Hambrey, 1983)^[10]。至温洛克期开始时,地球气候又开始转冷,冰川重新在某些地方形成,但影响面不广,仅南美洲有冰川作用的证据 (Cancaniri 组中有冰碛层存在)。此次冰期被普遍认为是山地型,是否能影响全球,造成世界性的海退,目前还无十分可靠的证据 (Hambrey, 1983)^[10],不过在温洛克早期的确为低海平面时期 (Johnson 等, 1991)。

本区古沉积环境的变化具有海退趋势,从兰多维列早期开始至温洛克早期,沉积环境由盆地向深缓坡、浅缓坡逐渐过渡,与晚奥陶世至早志留世因冰川作用影响而造成的全球海平面升降具有一致性 (表 5)。

表 5 川西北地区兰多维列期至温洛克早期环境变化与冰川作用的关系

Table 5 Relationship between the environment change and the glaciation during Llandoveryan to Wenlockian in NW Sichuan

时 间	地 层	环 境	海退—海进	冰 川
温洛克期 Wenlockian Period	宁 强 组	上部		Cancaniri 冰期
兰多维列期 Llandoveryan Period		中部		间 冰 期
		下部		
	王家湾组	深缓坡		
阿石吉尔期 Ashgillian Period	五峰组	崔家沟组		
		龙马溪组	盆地	Tamadjert 冰 期

兰多维列早期,由于晚奥陶世 Tamadjert 冰川溶解,使全球海平面上升,在本区形成盆地及深缓坡环境。至兰多维列晚期,因间冰期结束,在南美形成山地型冰川,可能对本区温洛克期开始的海退有一定的影响,是否为主要原因还需深入研究,不过本区温洛克早期为礁发育的低海平面期,与全球当时的海平面升降保持一致。

有资料以为,上扬子区早志留世时最大的海进发生在石牛栏组及相当层位 (戎嘉余等, 1984),在马溪组沉积时,水体不深而是一个闭塞环境。但是我们根据本区早志留世风暴岩、A、B、C 三类瘤状灰岩及生物礁分布和相互关系判断本区兰多维列期至温洛克期为—海水逐渐变浅的过程,与当时全球海平面升降保持同步。

野外工作得到成都地质学院陈源仁教授、加拿大 Laurentian 大学 P. Copper 教授、西南石油学院侯方浩教授以及四川石油管理局川西北矿区高级工程师何军、兰贵、工程师蔡永

禄及邓明的指导和帮助, 谨此一并致谢。

收稿日期: 1994年11月3日

参 考 文 献

- [1] 成汉钧, 王玉忠, 1991, 五峰期上扬子淡化海成因之探讨, 地层学杂志, 15 (2)。
- [2] 冯洪真, 俞剑华, 方一亭, 边立曾, 1993, 五峰期上扬子海古盐度分析, 地层学杂志, 17 (2)。
- [3] 金淳泰等, 1992, 四川广元陕西宁强地区志留系, 成都科技大学出版社。
- [4] 戎嘉余, 陈旭, 1992, 全球志留纪地质学研究的新台阶, 地层学杂志, 16 (2)。
- [5] 戎嘉余, 马科斯·约翰逊, 杨学长, 1984, 上扬子区早志留世(兰多维列世)的海平面变化。古生物学报, 23 (6)。
- [6] 林宝玉等, 1984, 中国的志留系, 地质出版社。
- [7] 张廷山, 高卫东, 兰光志, 强平, 1990, 川西北地区早中志留世生物礁发育特征初探, 西南石油学院学报, 12 (4): 1~8。
- [8] 张廷山, 候方浩, 高卫东, 兰光志, 1993, 川西北地区早志留世风暴岩及其环境与古生态意义, 沉积学报, 11 (2): 66~74。
- [9] 朱洪发, 王恕一, 1992, 苏南、皖南三迭纪瘤状灰岩, 蠕虫状灰岩的成因, 石油实验地质, 14 (4)。
- [10] Hambrey, M. J., 1983, The late Ordovician-Early Silurian glacial period. *Paleogeogra, Paleod, Paleoeco.* 51 (1/4): 273~289.
- [11] Lee, Y. I. & Kim, J. C., 1992, Storm-influenced Siliciclastic and carbonate ramp deposits, the lower Ordovician Dumugol Formation, S. Korea. *Sedim.* 39 (6).
- [12] Sami, T. & Desroches, A., 1992, Episodic sedimentation on an early Silurian, Storm-dominated carbonate ramp, Beccsie and Merrimack Formation, Anticosti Island, Canada. *Sedim.* 39 (3).
- [13] Moller, N. k. & Kvingan, K., 1988, The genesis of nodular limestones in the Ordovician and Silurian of the Oslo Region (Norway). *Sedim.* 35 (3).
- [14] Read, J. F., 1985, Carbonate Platform facies models. *AAPG Bulletin*, 69 (1).
- [15] Ahr, W. M., 1985, Limestene depositional sequences on shelves and ramps; modern and ancient. *Geol. Today*, 1, 84~89.
- [16] Gagan, M. K., Johnson, D. P. & Carter, C. M., 1988, The cyclone Winifred storm bed, central Great Barrier Reef Shelf, Australia. *J. Sed. Petrol.* 58, 845856.
- [17] Wright, V. P., 1986, Facies sequences on a carbonate ramp: the carboniferous limestone of S. Wales. *Sedim.* 33, 221~241.
- [18] Mullins, H. T., Neumann, A. C., Wilber, R. C. & Boardman, M. R., 1980, Nodular carbonate sediment on Bahama slope: possible precursors to nodular limestones. *J. Sedim. Petrol.* 50, 117~131.
- [19] Wanless, H. R., 1979, Limestone response to stress; Pressure solution and dolomitization. *J. Sedim. Petrol.*, 49, 437~462.
- [20] Mckerrow, W. S., 1979, Ordovician and Siturian Changes in Sea-level. *J. Geol. Soc. London.* 136, 137~145.
- [21] Brenchley, P. J. & Newall, G., 1980, A facies analysis of Upper Ordovician regressive sequences in the Oslo region, Norway- a record of glacio eustatic changes. *Paleogeogra., Paleocli, Paleoeco.* 31, 1~38.
- [22] Kennedy, W. J. & Garrison, R. E., 1975, Morphology and genesis of hardgrounds and nodular chalks in the Upper Cretaceous of Southern England. *Sedim.*, 22, 311~386.
- [23] Jenkyns, H. C., 1974, Origin of red nodular limestones (Ammonitico rosso, Knollenkalke) in the Mediterranean. Jurassic; a diagenetic model. *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.*, 1, 249~271.

Early Silurian Siliciclastic-Carbonate Ramp Deposits in NW Sichuan

¹Zhang Tingshan ²Lan Guangzhi ²Chen Xiaohui ¹Yu Jianhua
and ¹Bian Lizeng

¹ (Nanjing Univ. , Nanjing 210008)

² (SW Petroleum Institute, Lanchun 937001)

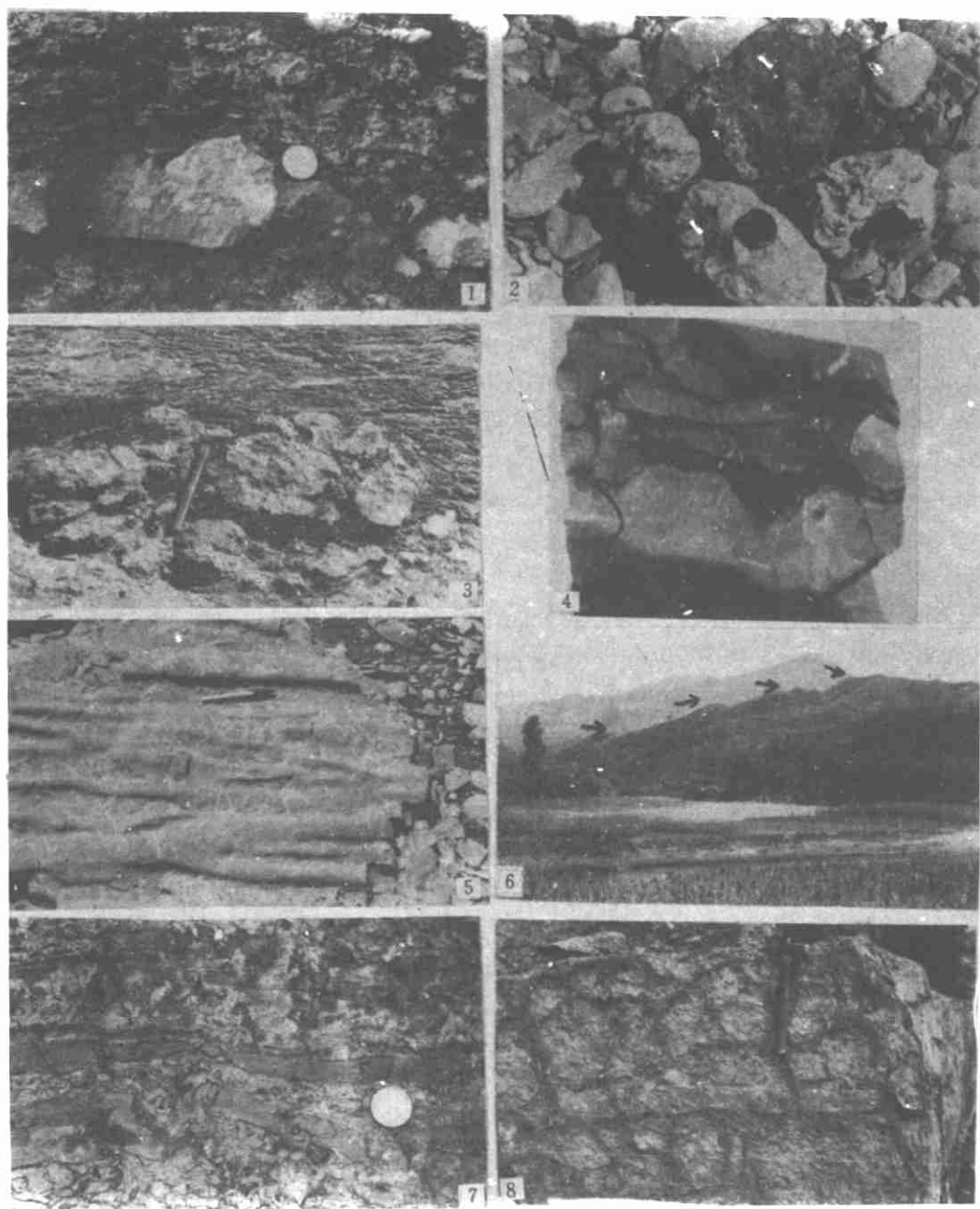
Abstract

The Llandoveryian to Wenlockian storm-influenced siliciclastic and carbonate ramp environment has been recognized from the NW Sichuan area. The Early Silurian deposited on the NW margin of the S-China paleoplate tectonically and it has very thick sequences of shale, silty shale, mud and silty sandstone with some reefs, bioherms and stratigraphically discontinuous lenticular and irregular bioclastic tempestites, and multigenic nodular limestone beds.

According to the different petrographic assemblages and paleoecology analysis, the authors have divided the sedimentary environment into littoral zone, shallow ramp, deep ramp and basin. The littoral zone is located at intertidal area with tidal flat carbonate deposits; the shallow ramp which is between the wave base and the storm wave base, has type A, B tempestites, pattern A, B nodular limestone, reef limestone and bindstone deposits; the deep ramp is below the storm wave base and above the maximal storm wave base and has type D, E tempestites, pattern C nodular limestone, dark shale deposits; the characteristics; the area below the maximal storm wave base is the basin area with black shale. From Lower Llandoveryian to Lower Wenlockian, the sedimentary environment changed from basin to deep ramp, shallow ramp and littoral zone, the representative strata are Lungmachi Formation, Chuijiagou Formation, Wangjiawan Formation and Ningqian Formation, respectively.

The authors also discuss the sea level change and its influence in this area. The global glaciation may be the main factor for the influence of the sea level change. Under the action of Tamadjert and Cananiri glaciation, the sea level changed from high to low in this area during the Llandoveryian to Wenlockian.

Key Words: Ramp Petrographic Assemblages Sea-level Change NW Sichuan Early Silurian.



1. A类瘤状灰岩, 瘤体由群体生物化石组成, 外包蓝绿藻, 广元中子王家湾组上部。 2. B类瘤状灰岩中的藻球。广元中子宁强组下部。 3. 藻丘。陕西宁强县城东王家湾组上部。 4. C类瘤状灰岩。瘤体由泥晶灰岩、生屑泥晶灰岩组成, 间夹泥质。陕西宁强县城东崔家沟组上部。 5. 渠迹 (Gutter)。陕西宁强县城东王家湾组。 6. 宁强石咀子生物礁。向NW方面迭生。箭头指示礁及迭生方向。 7. 潮坪碳酸盐岩。见帐篷构造、层纹石、核形石等。广元朝天王家湾组。 8. 潮坪沉积中的干裂。广元朝天王家湾组。