

龙门山地区泥盆纪碳酸盐与硅质碎屑 的混积相与混积机理

李祥辉 刘文均 郑荣才

(成都理工学院沉积地质研究所)

[内容提要] 碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积研究至今尚未引起足够重视,文献屈指可数。扬子西缘龙门山地区泥盆纪发育了这类良好的混合沉积。作者根据实际材料,首次从这一思路出发,识别出该区泥盆纪Emsian 期到Givetian 早期的混积相四种,混积亚相约14种,阐明了其优势混积作用,根据混积作用特征、沉积背景关系,划分出两大混积类型,即泥质背景下的混积Ⅰ型和砂灰质背景下的混积Ⅱ型,对混积作用机理进行了探讨,并指出不同级次的混积层序类型、混积成因方式受不同因素控制。

关键词 混积相 混积类型 混积机理 碳酸盐与硅质碎屑的混合沉积
泥盆纪 龙门山地区

1 引言

硅质碎屑与碳酸盐的混合沉积(以下简称混合沉积)是指硅质碎屑与碳酸盐在结构上的相互掺杂,或者成分上纯的硅质碎屑岩与碳酸盐岩旋回性互层或侧向彼此相互交叉^[1]。混合沉积广泛发育于不同地质时期、不同沉积环境^[2],即从古至今十分常见,从陆到海、从浅水到深水也都会出现^[1,3,4];不同级次的混积旋回沉积中可发生不同方式的混积作用;不同背景下会产生相应的特征混积物;混积体系中硅质碎屑与碳酸盐沉积在时空上可彼此取代^[2]。由此可见,混积作用在地史时期的沉积地层中是一种普遍现象,其地位不亚于单纯的硅质碎屑岩或碳酸盐岩的沉积作用。

对混合沉积的研究不仅具有理论意义而且具有重要的应用价值。这是因为,一方面,成分、结构相互混合的混积岩较之单纯的非混积岩其控制、影响因素更为复杂,对混合沉积的研究有助于解释沉积环境的沉积动力学、气候、物源、沉积(生产)速率、海平面变化及其之间的关系,甚至构造和盆地性质;另一方面,混合沉积层往往又是一些沉积、层控矿床的重要层段,如南岭地区泥盆系铅锌矿及鲕状赤铁矿层主要出现在加里东期之后的下部陆源碎屑岩系向上部碳酸盐系过渡的混合沉积岩相带中。混积过渡带也常是生储盖的良好控制相带,如碎屑陆棚上的砂质碳酸盐建隆、斜坡和盆地的细砂质钙屑浊积岩均可能成为良好的储集体。

① “八五”国家基础性研究重大关键项目“中国古大陆及其边缘层序地层和海平面变化研究(SSLC)”,子课题“扬子西缘龙门山泥盆纪层序地层和海平面变化研究”。

② 本文1996年11月8日收稿。

扬子西部边缘川西龙门山前山滑脱拆离带^[5]的泥盆系以稳定被动陆缘浅海沉积为主,地层、古生物、沉积、构造研究基础较好,早泥盆世晚期到中泥盆世中期的混合沉积基础研究亦较细致,但前人研究工作未涉及混积作用系列问题。这里通过对相当于Emsian阶的白柳坪组、甘溪组、谢家湾组、二台子组、养马坝组到Eifelian阶—Givetian阶底的金宝石组混合沉积的混积相、混积类型及混积机理初步研究,并对其控制、影响因素做一简要讨论,提出本地区混积作用特征,使我们对混积作用在龙门山地区的泥盆系中的应用有一定了解和认识,进而为盆地分析服务。

2 混积相

2.1 混积相划分

已有文献表述了中国南方,尤其是上扬子地区早—中泥盆世的两种混积相,即混积滨岸相和混积陆棚相^[6,7],甚至从早古生代奥陶纪到中生代三叠纪均有大致相当的混积相发育(参见“中国南方岩相古地理丛书”,1993)。实际情况可能不止于此。根据沉积组合特征、沉积背景、成因差异,这里将上扬子西北边缘的前龙门山带早—中泥盆世的混积相划分为4种:混积滨岸相、混积陆棚相、混积礁-滩相及混积斜坡相。混积陆棚相以内陆棚沉积为特征,混积斜坡相则还可能包括部分外陆棚沉积,混积礁-滩相可产生于陆棚背景,但性质迥异,故以区分。这些混积相的亚相组合、背景特征、层位及Mount的成因方式概括于表1中。下面分别对各混积相作一简要说明。

表1 扬子西部龙门山地区早—中泥盆世混积类型及混积相划分与特征
Table 1 Classification of the Early and Middle Devonian hybrid types and facies in the Longmen mountain area, western Yangtze platform

混积类型	混积相	混积亚相	背景沉积	Mount成因方式	层位
混积I型	混积斜坡相	混积上斜坡亚相*(含外陆棚亚相)	泥质为主,含中—细粒陆源碎屑、泥晶灰岩	原地混积,受物源影响的混合	甘溪组(乐森琛, 1956)
	混积陆棚相	混积近积亚相、远积亚相、生物屑浅滩亚相		原地混合、间断混合,含相混合	白柳坪组、甘溪组、谢家湾组
混积II型	混积礁-滩相	混积生物礁核亚相、礁坪亚相、礁前亚相、礁基亚相	(礁)灰岩占绝对优势	弱混合、弱的相混合、原地混合	二台子组、金宝石组中部
	混积滨岸相	混积无障壁滨岸相	砂质为主,含灰质	相混合,含原地混合	养马坝组下部、金宝石组部分层位
		混积障壁滨岸相	混积前滨砂滩亚相、介屑滩亚相、近滨亚相		

*: 上泥盆统Frasnian阶尚可识别划分出另一种亚相类型:混积钙屑浊积亚相。雁门坝地区的钙屑浊积岩中一般含1%—3%的细砂—粉砂级石英碎屑。

2.2 混积滨岸相

按照水动力作用方式、有无障壁系统,可区分为混积无障壁滨岸相和障壁滨岸相。

2.2.1 混积无障壁滨岸相

该相带在养马坝组上部和金宝石组部分层段普遍存在,发育于唐王寨向斜轴部及NW翼。总体来说,沉积背景以砂质为主,灰质次之。混积方式以相的交叉占优势。据环境、组成特征差异可进一步识别出混积前滨砂滩亚相、介屑滩亚相、近滨砂灰亚相。

前滨砂滩亚相包括两方面:一是砂滩砂自身构成了混积岩,砂岩中碎屑颗粒不仅被灰泥充填或为亮晶方解石胶结,还可含较丰的钙质生物碎屑,具弱的间断和原地混积特征;另一

种则是不含钙质的细粒石英(岩状)砂岩,与介屑滩一起构成真正的相交叉混积。这一亚相以发育海滩砂为特征,海滩砂细砂级至粗粉砂级,分选好,磨圆度高,多构成钙质细粒石英砂岩或钙质粗粒石英粉砂岩,常发育冲洗层理。当亮晶方解石含量较高时,风化后呈现颗粒灰岩状。时可含生物碎屑,见因快速堆积作用产生的生物逃逸迹。

混积介屑浅滩亚相产于前滨和近滨中—高能带,与混积前滨砂滩亚相的差别在于组成上的不同。介屑滩背景为灰质成分,表现为由腕足等介屑构成泥粒灰岩和粒泥灰岩,甚或介壳层,生物介壳常有磨损和定向,介屑灰岩少有陆源碎屑混入。

混积近滨亚相一般不发育,厚度薄,常由钙质粉砂岩、砂质页岩、砂质灰岩构成,可见沙纹层理、生物碎屑及遗迹化石。混积滨岸相中的后滨亚相极其罕见。

这种混积相经常构成混积近滨亚相→混积前滨亚相,(混积)近滨亚相→介屑滩亚相的向上变浅旋回,或(混积)前滨亚相→介屑滩亚相向上加深旋回(图1)。

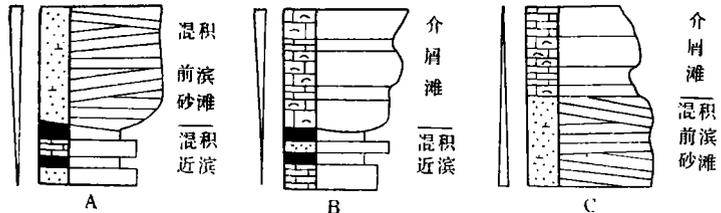


图1 混积无障碍滨岸相的混积方式及旋回叠置样式(图例参见图2)
A、B. 向上变浅旋回;C. 向上加深旋回。

Fig. 1 Stacking patterns of the hybrid non-barrier littoral facies and cycles (See Fig. 2 for legend)

A and B=shallowing-upward cycle; C=deepening-upward cycle

2.2.2 混积障壁滨岸相

混积障壁滨岸相主要见于唐王寨向斜金宝石组中部、近顶部。背景砂、灰、泥均可同时沉积,并无明显的优势差别,突出表现为相的混合作用,尚可区分出混积潟湖、砂坝、潮坪三个亚相。

相对来说,混积潟湖亚相较为特征,如金宝石组B105层,鲕状赤铁砂层中见丰富的未氧化的鲕绿泥石、石英砂、生物碎屑,自身即存在混合作用,同时还与砂坝构成相的混合。又如B114层由碳质页岩、混晶灰岩、核形石灰岩、核形石页岩相混而成,具较弱的原地混积作用,显示较滞留环境。之下的B113层石英砂岩构成障壁砂坝,钙质较少,砂坝具向上突起的正地形,具大型的斜层理。潮坪亚相不甚发育,厚度薄(可能与障壁砂坝和潟湖剖面位置有关),可见一些潮汐层理,大致为砂泥灰的混合坪。主体上,障壁砂坝不仅与灰、泥潟湖、混合潮坪构成相的混积,而且与介屑滩(如*Stringocephalus*滩)灰岩构成相的混积。

2.3 混积陆棚相

其典型层位多发育于早—中Emsian期的白柳坪组、甘溪组和谢家湾组,广布于整个龙门山前山带,西南可达泸定兴隆以远,东北近达广元。晚Emsian期的二台子组、部分养马坝组及Eifelian期—Givetian早期的养马坝组上部和金宝石组则十分局限。混积陆棚相在本区以泥质背景沉积为主,可含较少的砂质、灰质,其混积方式也多种多样,但主体表现为间断混合、原地混合,也可发育相的混合。据组成、波浪作用方式、生物群落情况及混积方式可进一步划分出混积陆棚近积亚相、远积亚相和生物碎屑浅滩亚相。

2.3.1 混积陆棚近积亚相

这是研究区原乐森珥^[8]含义的甘溪组中常见又易于识别的一种混积陆棚亚相类型。其特征为:组成上以(钙质)细粒石英砂岩和黄绿色页岩为主,可见海百合茎碎屑灰岩,砂岩有时因含钙质较高野外难与砂质灰岩区分;石英砂或海百合茎碎屑常随风暴回流冲刷下部页

岩,并充填其底流冲刷凹坑,横断面呈“高跟鞋”状或“倒乌纱帽”状,在底部通常可见到滞留介壳层;砂岩或灰岩中发育丘状层理、沙纹层理及粒序层理,页岩中多杂乱虫管或生物扰动构造,具水平层理,少生物化石;砂岩或灰岩与页岩不仅形成向上变细的粒序,而且构成间断混合现象;数次风暴流作用可将未固结泥完全冲走,即多层风暴砂岩或灰岩叠置现象频率亦较高。

2.3.2 混积陆棚远积亚相

远积亚相与近积亚相的主要差别在砂质含量明显减少,风暴组构减薄,生物群丰盛。岩性组分上,远积亚相主体为灰、深灰色钙质/粉砂质页岩,次为泥质粉砂岩,也可见薄层的泥晶灰岩,水平层理及沙纹层理较发育。统计表明,一般页岩与砂岩或灰岩的比例大于5:1。在这种背景下,高丰富度及高分异度以腕足动物为主的底栖群落十分发育^[9,10],化石极其丰富,多呈介壳毯状、介壳层状产出,保存较佳,多未经搬运。这些群落的生态位基本上位于BA3的中下部和BA4的上部,即大致位于风暴浪基面附近,如产于白柳坪组的*Protochonetes-Orientospirifer-Neoathyrina*群落、甘溪组的*Eosophragmophora-Rostrospirifer-Dicoelostrophia*群落等就具有这种特征^[11]。从以上组分及群落特点看,这种混积亚相的混积作用明显减弱,含有相对较弱的间断混合及原地混合特性。

2.3.3 混积生物碎屑浅滩亚相

该亚相与混积滨岸的介屑滩有较大的不同:一是产出环境方面,生物碎屑浅滩属泥质陆棚上局部浅水环境,介屑滩则属滨岸中高能带;二是组成上,前者以棘皮,尤其是海百合茎碎屑占绝对优势,构成泥晶海百合茎碎屑灰岩或海百合茎碎屑泥晶灰岩,后者则以腕足介壳为主,构成(亮晶/泥晶)腕足介屑(泥晶)灰岩;第三,就混积方式来说,前者与背景陆棚泥形成原地混合,后者多与前滨沙滩亚相构成相的混合;再从产出层位上看,混积生物碎屑浅滩亚相发育于白柳坪组、甘溪组、谢家湾组,介屑滩亚相多见于养马坝组上部和金宝石组部分层段。这两种亚相有一共同特点就是它们均由灰岩组成,陆源碎屑相对较少。

混积陆棚近积亚相、远积亚相及生物碎屑浅滩亚相不仅各自可以构成相应的相当于第五级的沉积旋回(图2A、B、C),而且可以相互组合构成进积和退积准层序(组):进积准层序叠置样式主要为远积亚相→近积砂岩亚相,远积亚相→近积灰岩亚相,生物碎屑浅滩亚相→近积砂岩亚相(图2E、F、G);退积准层序叠加样式则有近积砂岩亚相→远积亚相,近积灰岩亚相→生物碎屑浅滩亚相(图2H、I)。

2.4 混积礁-滩相

严格说来,混积礁-滩相应属陆棚上的一种亚相,因为其生成背景为混积陆棚。但是,考虑组成、亚环境、混积方式上的不同,加之二台子组层孔虫-珊瑚礁群落有较大分布范围,沿唐王寨向斜NW翼NE-SW向展布有数十公里,可能属一大型丘礁,故区分开着重说明。另外,之所以将礁和滩合二为一进行表述,是因为龙门山前山带早一中泥盆世的点礁、丘礁常发育砂屑或生物屑浅滩的礁基,这些礁基有些则未能成为生物礁的“底座”。混积礁-滩相主要分布层位有二台子组和金宝石组中部,见于唐王寨向斜轴部、NW翼,仰天窝向斜NW翼杨家院地区,以及龙门山南段泸定兴隆地区。它以灰岩为主、较弱的混积作用等特点与其它混积相可区分。该相大致可区分出礁核亚相、礁坪亚相、礁基亚相、礁前(或礁翼)亚相。

混积礁核亚相主要由层孔虫、床板珊瑚骨架灰岩组成,其中层孔虫最大可达70cm以上,呈球状、椭球状或块状,见于甘溪二台子及鹰嘴崖。骨架间除了灰泥和被打碎的骨架粒屑充

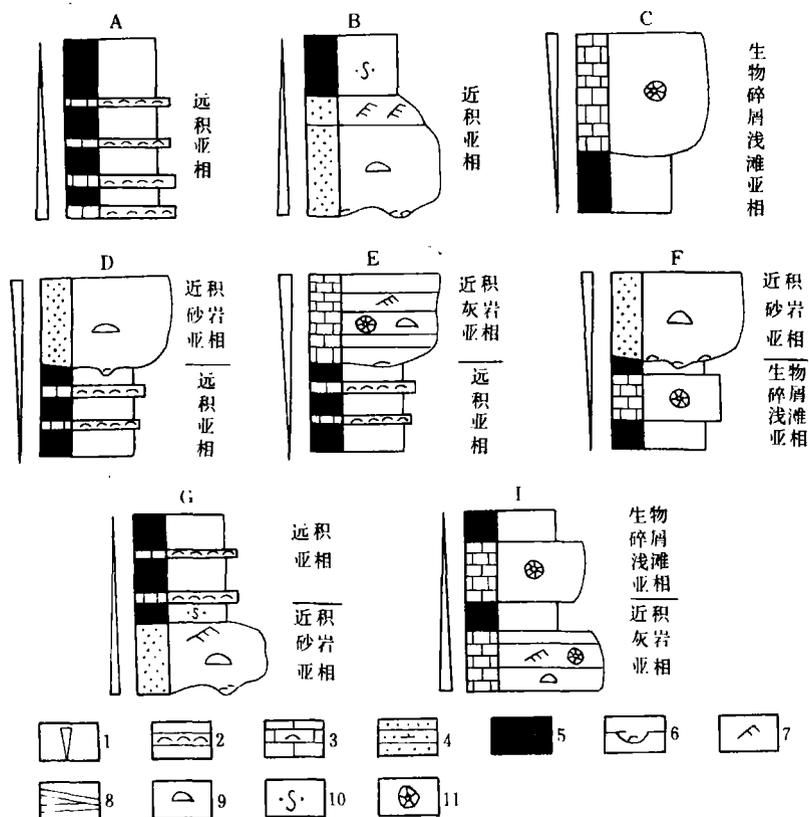


图2 混积陆棚各混积亚相及其组合的进积、退积准层序(组)叠置样式

- A. 弱原地、弱间断混合; B. 间断混合; C. 原地混合; D、E、G. 间断混合为主; F、I. 间断混合与原地混合;
 1. 旋回趋势结构; 2. 介壳层或介壳毯; 3. (介屑)灰岩; 4. (钙质)石英砂岩; 5. 页岩; 6. 底流冲刷构造及滞留介壳;
 7. 沙纹层理; 8. 冲洗层理; 9. 丘状层理; 10. 生物扰动构造; 11. 海百合茎碎屑

Fig. 2 Stacking patterns of the progradational and retrogradational parasequences (sets) in different hybrid subfacies on the mixed shelves

A=slightly in-situ and punctuated mixing; B=punctuated mixing; C=in-situ mixing;

D, E and G=dominantly punctuated mixing; F and I=punctuated and in-situ mixing

1=cyclic architectural tendency; 2=shell bed or blanket; 3=(shell)limestone;

4=(calcareous)quartz sandstone; 5=shale; 6=scour structure and lag shell; 7=ripple bedding;

8=swash cross-bedding; 9=hummocky cross-bedding; 10=bioturbated structure; 11=crinoid fragment

填外,还存在细粒的陆源石英碎屑,少的1%~3%,多的超过30%,属于成分-结构混合,介于原地与间断混合方式之间。金宝石组中的层孔虫礁核亚相则少混有陆源碎屑。混积礁坪亚相主见于二台子组中部和金宝石组局部层位,其岩石类型以(含石英砂质的)粒泥灰岩、颗粒灰岩为主,见脉状和波状潮汐层理,偶可(于二台子组中部)见较纯石英砂岩透镜体出现在潜坪上,系潮道充填,二者可构成相的混合。混积礁基亚相在二台子组和金宝石组中亦较常见,生物礁基本上在此基础上拓殖。礁基亚相一般由嗜礁的底栖动物碎屑灰岩组成,或多或少结构中混有石英碎屑,也见较多的砂屑灰岩。混积礁前(或礁翼)亚相研究区比较明显的有两个层位,即二台子组下部和养马坝组底部,其特点是混积方式明显受母源影响,如二台子组下部数套深灰、黑色钙质页岩背景下混有碳酸盐建隆上的灰岩砾块,包括结晶灰岩、粒泥灰岩、层孔虫和珊瑚砾块,灰岩往往有较高的圆度,含量15%—70%不等,以“枕状悬浮”于页岩之中,而页岩中产较丰富的竹节石和介形虫,少量小型腕足化石。养马坝组底部(B84—86层)背景沉积则是黄绿色页岩,少有竹节石化石,多含有异源床板珊瑚块,数量多少不一,形状不

规则, 滑移或滚入距离不会很远; 特征地, 伴生有较多的层状和较少的球块状鲕绿泥石生物屑灰岩, 鲕状赤铁矿本身系鲕绿泥石氧化而来, 岩石不仅含大量鲕状赤铁矿、生物碎屑, 还有较多陆源石英、砂屑、砾屑及其它颗粒, 充填物有大量灰泥也有相当多的亮晶方解石胶结物, 可见其形成和堆积环境既可能是高能的也可能是低能的, 也即是说鲕状赤铁矿层可能是原地形成的, 而具有亮晶胶结呈球块变形的鲕状赤铁矿灰岩则可能是相对外源的。这或许可以说, 养马坝组底部属于相对开放的海湾或潟湖, 而未受潮汐流改造, 或因二台子组生物建隆暴露剥蚀, 其生物块被带入潟湖之中。

2.5 混积斜坡相

研究区较明显的斜坡(可含外陆棚)相仅见于汶川水磨地区的下泥盆统乐氏甘溪组中, 并表现出一定的混积现象, 其混积作用由上向下趋于加强(图3)。通常, 上部黑色页岩中竹节石较少, 可见外来粗卵级—巨砾级(20—50cm)的球状、半球状石英砂岩质砾石混入, 并破坏层理, 局部层位发育总厚3—4m的薄层泥晶灰岩, 产丰富竹节石和菊石。向下黑色页岩夹数层颗粒灰岩或泥晶灰岩滑入砾块, 下部发育若干套碎屑流沉积和钙屑浊积岩。碎屑流沉积主要由泥砾屑(lutite)、泥晶灰岩砾块(1—5cm)组成, 伴混有单体珊瑚, 砾泥比可达4:3—2:1, 背景泥中竹节石十分丰富。钙屑浊积岩多见CDE段, 少数有BCD段, 中、薄层颗粒灰岩、浊积灰岩、泥晶灰岩普遍见同生变形现象, 其层面上往往可见定向、半定向的竹节石, 且数量颇丰。由以上描述可见, 斜坡相的混积作用主要表现为受母源影响的混合, 次为与浊流有关的间断混合, 也存在较深水泥晶灰岩原地混合于背景页岩之上(图3)。

3 混积类型

这里的混积类型与Mount(1984)的成因混积作用方式类型有所不同, 后者更多的是从局部的混积方式来考虑, 反映了相对微观的混积成因; 而前者则集中依据沉积类型、沉积背景, 着眼于相对宏观的变化, 这更可能反映物源供给情况、区域构造活动特点、海平面变化趋

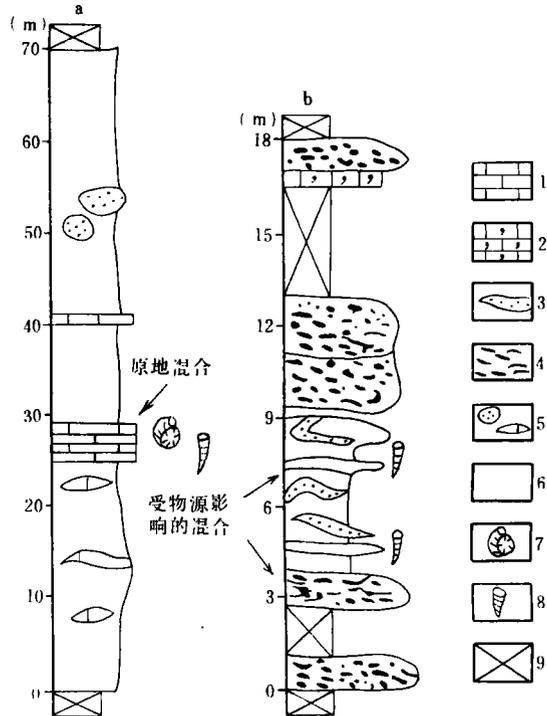


图3 汶川水磨乐氏甘溪组混积变化趋势

左图(a)层位居上, 原地混合与受母源影响的混合;
右图(b)层位居下, 主要为受母源影响的混合与间断混合

1. 泥晶灰岩; 2. 颗粒灰岩; 3. 钙屑浊积岩;
4. 碎屑流沉积; 5. 外来石英砂岩砾及变形灰岩;
6. 黑色页岩; 7. 菊石; 8. 竹节石; 9. 未出露

Fig. 3 The mixing tendency manifested in the Ganxi Formation in Shuimo, Wenchuan, Sichuan

The in-situ mixing and source mixing occur in the upper horizons (left), whereas the source and punctuated mixing appear in the lower horizons (right)

- 1 = micritic limestone; 2 = grainstone;
- 3 = calcareous turbidite; 4 = debris-flow sediment;
- 5 = extrabasinal quartz sandstone and deformed limestone;
- 6 = black shale; 7 = ammonite;
- 8 = tentaculite; 9 = unexposed

势及其之间的关系。因此,本文将龙门山地区前山滑脱拆离带的早一中泥盆世混积类型划分为以下两种类型(见表1)。

3.1 混积 I 型

亦可称泥质背景型或甘溪型,含混积陆棚相和混积斜坡相,广泛发育于白柳坪组、甘溪组和谢家湾组,前龙门山带各段均见分布。其特点是,背景沉积为泥,即以页岩、钙质页岩为主,可含砂质、灰质及外源砾石;页岩中或斜坡较深水薄层泥晶灰岩中常含丰富的竹节石,甚至菊石;混积陆棚相产高丰富度和高分异度底栖生物群落,风暴组构砂岩、(砂质)海百合茎碎屑灰岩存在频率高。显然,混积陆棚中的混积方式主要为原地混合及间断混合,而斜坡相则还包括了受母源影响的混合。这些特点表明,混积 I 型代表了(陆源碎屑主导的)平驿铺组沉积期以后较高海平面且欠补偿的沉积记录特点。

3.2 混积 II 型

可称之为砂灰质型混积或金宝石型,包括混积礁-滩相和混积滨岸相,产于二台子组、养马坝组和金宝石组,除唐王寨向斜SE翼外,全区基本都有发育。成分上以灰质为主,砂质次之,泥质很少,其混积方式以相的混合占优势,这一点与混积 I 型大有不同。尽管如此,成分结构上灰岩中混有少量陆源石英砂,细粒石英砂滩砂被亮晶方解石胶结现象亦较常见,这种混合即使不能归入间断混合或原地混合,但多少与波浪水流有关。陆源石英砂混入礁灰岩填隙物中,对生物建隆的形成起到了抑制作用,表明稳定中有活动性,也可能这种混入是导致早一中泥盆世在本区未能形成大型生物礁的主要原因之一。而石英砂被亮晶方解石胶结反映滨岸砂快速堆积过程中有一定稳定性。总观混积 II 型特征,晚Emsian 期到Givetian 早期本区可能一直处于相对海平面下降过程,这似乎有违当时全球的持续海侵。不然,区域构造沉降减慢甚至停顿或短期隆升,造成充分物源供应,加之二台子组碳酸盐加积作用整个容纳空间有所减少,故而造成相对海平面下降。

4 混积机理及因素

对于研究区早一中泥盆世混积 I 型来说,混积作用主要产生于泥质陆棚中,包括两种优势混积方式,即间断混合与原地混合。间断混合与风暴有关:风暴产生风暴浪和风暴回流,将滨岸砂带入陆棚形成具粒序层理、丘状层理、沙纹层理的近积亚相,当背景中有生物介壳时就可能被一起带入并常滞留于底部;风暴回流及其携带的细砂、粉砂、泥由于在风暴浪基面以下能量大减而沉积形成远积亚相;多数情况下泥质陆棚发育大量生物,使底层海水富含Ca,加之近积亚相位处较高能量带,所以,石英砂粒孔隙则基本上被富Ca的海水占据,进而沉淀将砂胶结。相应地,浅水陆棚上大量海百合死亡后迅速脱节,部分可能被风暴浪带到滨岸带或被风暴回流带入较深水陆棚沉积,因海百合茎量多且粗,故难以形成丘状层理,但可保存底流冲刷模。风暴停息之后,可能成为原地混合作用的主要时期,新的群落机会种迅速进入这一生态域,以腕足动物为主的底栖群落及棘皮类群落大量繁生,竞相发展,很快产生较多的碳酸盐钙沉积,并与背景陆棚泥构成原地混合;不过,高频的风暴浪及其回流带来大量新的砂、泥,使海水变得浑浊,抑制了生物群落的继续生长或使群落发生迁移,至使原地混合沉积厚度一般较小,这从保存的大量介壳毯、介壳层同样高频出现、化石群落的埋葬和保存状况可以得到证实。

属于混积 II 型的混积作用突出表现为相的混合。当相对海平面保持一定平稳时,浅水陆

棚、滨岸带可能发育低分异度、高丰富度的底栖腕足群落,并生产、沉淀大量碳酸盐。腕足介屑也可能被风暴或其它水流带到前滨带沉积。这一时期陆源物供给相对较少,这从砂—灰比、砂—生物比成消长关系^①可以得到说明。随着相对海平面下降,砂先被夷平的古陆可能再次接受风化剥蚀,为海岸带提供大量陆源碎屑物,经簸选形成较细粒的石英砂岩,超覆于浅滩介屑灰岩之上,如此往复,则可构成交叉的相混合,且表现为不断地向海方向进积,纵向剖面上则显示为灰—砂向上变浅结构,反映相对海平面总体下降,准层序组进积叠置。当相对海平面振荡式上升时,则可形成反向的退积混积准层序组。

汶川水磨乐氏甘溪组^[8]、北川甘溪二台子组中部礁前及养马坝组下部的混积受母源控制,决定于三个方面:a. 母源性质,即母源岩是陆源碎屑的还是碳酸盐建造,抑或二者的混合;b. 地形梯度,先期地貌是否具有滑移或滚动或推移的坡度;c. 相对海平面是否下降引起母源区暴露。多数情况下,由区域构造和全球海平面控制的相对海平面表现为下降时,母源区暴露才会被侵蚀、剥离被带入较深水环境。研究区的受母源控制的混积可能有一定代表性。

由上述混积机理分析大致可以看出,控制和影响混积类型、混积成因方式的因素由大到小包括全球海平面变化、区域构造活动、相对海平面变化、物源供给及沉积速率、碳酸盐生产速率,后几种可能互相牵制互为影响,碳酸盐生产速率还涉及气候、温度、纬度、生物群落的发育状况等。然而,就象不同因素控制不同沉积旋回一样,这些因素对混积层序的级别、混积类型、混积成因方式的控制和影响也不尽一致,所起重要性各有差别(表2)。全球海平面变化和区域构造活动不仅控制相对海平面变化,而且也控制层序组一级的混积类型和相的混合作用;相对海平面变化及物源供给对层序的混积类型和相的混合作用起控制作用;对于体系域(或准层序组)级来说,相对海平面变化、碳酸盐生产速率控制了它的相混合及原地混合作用;而物源供给与沉积速率则主导了相混合与间断混合方式;准层序以下级的混积方式则受多种因素控制(表2)。除了各种混积方式受控于相关主导因素外,事实上别的次要因素也有不同程度的影响。以上特点还说明,相的混合作用可以出现在不同级次的层序单元中,但主要集中于体系域级以上,而间断混合、原地混合、受母源影响的混合则通常发生在体系域级以下,相对微观受控于物源、碳酸盐生产率等因素。

表2 不同因素对不同级次层序单元的混积类型、方式的控制作用

Table 2 Controls of various factors on the hybrid types and stacking patterns of the sequence units of different orders

因素 级次	全球海平面+区域构造	相对海平面	物源供应+沉积速率	碳酸盐生物速率
层序组	混积类型(I、I),相混合			
层序		混积类型(I、I),相混合	混积类型	混积类型
体系域(准层序组)		相混合、原地混合	相混合、原地混合	相混合、原地混合
准层序以下	受母源影响的混合	相混合、原地混合、异源混合	成分结构上	
			弱的间断混合: 钙质砂岩	弱的原地混合: 砂质灰岩

① 李祥辉,四川龙门山区泥盆纪层序地层研究(博士论文),1995

5 结论

通过以上描述和讨论,我们可以初步得出如下认识。

1. 龙门山前山带早一中泥盆世的混积相可以识别划分出4种相、约14种亚相,即混积滨岸相、混积礁-滩相、混积陆棚相和混积斜坡相。混积滨岸相进一步区分出混积前滨、近滨、介屑滩、潮坪、潟湖、砂坝几个亚相。混积陆棚相则包括近积、远积、生物碎屑滩3个亚相。而混积礁-滩相含有礁核、礁前(翼)、礁坪、礁基等亚相。

2. 研究区该层位可区分出两种混积类型:混积I型,以陆棚背景泥为主,含砂、灰,原地混合及间断混合作用占优势,亦有母源影响的混积作用,包括混积陆棚相和混积斜坡相,产于白柳坪组、甘溪组、谢家湾组中;混积II型,以滨岸带、浅水陆棚的砂、灰质沉积为主,相的混合作用为特征,由混积礁-滩相和混积滨岸相组成,见于二台子、养马坝组和金宝石组。

3. 混积I型的优势混合作用间断混合与风暴浪和风暴回流作用过程有关,原地混合则系风暴停息之后与生物群落的产生、繁盛、取代过程有联系。混积II型的主要混合作用相的混合多受控于相对海平面荡式升降和物源供给速率。

4. 扬子西缘早一中泥盆世未能形成大型的生物建隆(层孔虫或/和床板珊瑚礁)的主要原因很可能与该区此时混积作用十分强烈有关,即风暴(回)流从滨岸带来的陆源砂抑制了底栖腕足动物为主的群落发展,也抑制了礁群落的发育。

5. 不同因素对不同级次的层序混积类型、混积成因方式的控制程度不尽一致。通常,全球海平面变化和区域构造主要控制混积类型和相的混积作用。相对海平面变化和物源供给速率对于层序级来说也如此。至于体系域(或准层序组)级,相对海平面变化与碳酸盐生产率控制了它的相混合和原地混合,物源供给速率与沉积速率则主导相混合与间断混合方式。准层序以下级的混积方式则受不同因素的影响。此外,相的混积作用可出现在不同级次的沉积层序中,而间断混合、原地混合、受母源影响的混合则常发育于体系域级以下的沉积旋回中。

参 考 文 献

- 1 Mount, J. F. Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments. *Geology*, 1984, 12: 432—435
- 2 Budd, D. A. and Harris, P. M. (eds) Carbonate-siliciclastic mixtures. SEPM, Tulsa, Oklahoma, 1990, 272pp.
- 3 张锦泉、叶红专. 论碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积. 成都地质学院学报, 1989, 16(2): 87—92
- 4 张锦泉、陈洪德、叶红专. 碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积. 见: 冯增昭等《中国沉积学》, 北京: 石油工业出版社, 1994, 623—631
- 5 刘树根. 龙门山冲断带与川西前陆盆地的形成演化. 成都: 成都科技大学出版社, 1993
- 6 张锦泉、郑荣才. 上扬子西南缘泥盆纪构造格局与岩相古地理. 成都: 成都科技大学出版社, 1990
- 7 曹允孚、张锦泉、刘文均等. 中国南方泥盆纪岩相古地理与成矿作用. 中国南方岩相古地理系列丛书. 北京: 地质出版社, 1993
- 8 乐森珺. 四川龙门山区泥盆系地层分层分带及其对比. 地质学报, 1956, 36(4): 443—476
- 9 李祥辉、陈源仁. 四川龙门山区早泥盆世Emsian期群落划分. 成都地质学院学报, 1993, 20(3): 48—56

- 10 陈源仁、李祥辉等. 四川龙门山区早泥盆世中晚期古群落分析. 见: 陈源仁主编《下泥盆统的动态地层学和生态地层学》. 成都: 成都科技大学出版社, 1994, 39—81
- 11 李祥辉. 四川龙门山区早泥盆世Emsian 期群落古环境分析. 矿物岩石, 1992, 20(3): 57—65

HYBRID FACIES AND MECHANISM FOR THE FORMATION OF THE MIXED DEVONIAN CARBONATE-SILICICLASTIC SEDIMENTS IN THE LONGMEN MOUNTAIN AREA, SICHUAN

Li Xianghui Liu Wenjun Zheng Rongcai
Chengdu University of Technology

ABSTRACT

Four hybrid facies and fourteen hybrid subfacies are recognized in the Emsian to early Givetian (Devonian) mixed siliciclastic-carbonate sediments from the frontal zone of the Longmen Mountain area, Sichuan on the westren Yangtze platform. They may be assigned, on the basis of hybrid processes and background sediments, to two types; the hybrid type I sediments dominative of shelf shales controlled by punctuated mixing, in-situ mixing and source mixing, and the hybrid type II sediments dominated by sandy and limy littoral and shallow shelf deposits.

The authors contend that the punctuated mixing of the hybrid type I sediments is related to the processes of storm wave and reflux, while the in-situ mixing has a connection with birth, growth and death of biological communities after the storms ceased. The mixing of the main hybrid facies in the hybrid type I sediments is in general governed by relative sea-level fluctuations and the supply cycles of different orders are also discussed in the present paper.

Key words: hybrid facies, hybrid type, mechanism of hybrid processes, mixed carbonate-siliciclastic sediments, Devonian, Longmen Mountain area